

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

Sledování vlastností digestátu z vybraných bioplynových stanic

Monitoring the Quality of Digestate from Selected Biogas Station

diplomová práce

Autor:

Bc.David Rozbroj

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Silvie Hevianková, Ph.D.

OSTRAVA 2013

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Rozbroj**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: Sledování vlastností digestátu z vybraných bioplynových stanic
Monitoring the Quality of Digestate from Selected Biogas Station

Zásady pro vypracování:

1. Úvod - problematika vzniku digestátu při anaerobní digestaci v bioplynových stanicích
2. Současné trendy v nakládání s digestátem
3. Bioplynové stanice - popis vybraných bioplynových stanic
4. Odběr vzorků digestátu, odstředění vzorků, analýza separátu a fugátu, srovnání výsledků rozborů
5. Závěr - vyhodnocení srovnání vlastností digestátů z jednotlivých BP stanic

Seznam doporučené odborné literatury:

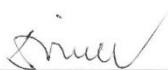
DOHÁNYOS, M., ZÁBRANSKÁ, J., JENÍČEK, P.: Anaerobní technologie v ochraně životního prostředí. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha 1996.
MALÝ, J., MALÁ, J.: Chemie a technologie vody. 2. doplněné vydání. Brno 2006.
CHUDOBA, J., DOHÁNYOS, M., WANNER, J.: Biologické čištění odpadních vod. 1. vyd. Praha 1991.
WANNER, J., HLAVÍNEK, P.: Moderní trendy v čištění odpadních vod. Brno: NOEL. 2000, 1997.
PITTER, P.: Hydrochemie, 4. vydání VŠCHT Praha, 2007.
MALÝ, J., HLAVÍNEK, P.: Čištění průmyslových odpadních vod, 1. Vydání, NOEL 2000, 1996.
STRAKA, F. et al. Bioplyn. 1. vyd. Říčany: GAS s.r.o. 2003.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2012

Datum odevzdání: 30.04.2013


prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
vedoucí institutu




prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

AUTORSKÉ PROHLÁŠENÍ

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠBTUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠBTUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěné v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠBTUO.
- Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne

Bc. David Rozbroj

Poděkování

Zde bych rád poděkoval mé rodině, za poskytnutí podmínek pro mé studium, a také za podporu v jeho průběhu.

Děkuji mé vedoucí Ing. Silvii Heviankové, Ph.D., za trpělivost, odborné vedení a připomínky k mé práci.

V neposlední řadě děkuji akreditované Laboratoři MORAVA s.r.o., za pomoc a spolupráci při analýze vzorků.

ANOTACE

Má diplomová práce se zabývá problematikou digestátu, který je koncovým produktem anaerobního rozkladu substrátu v bioplynové stanici. V teoretické části je popsána anaerobní digesce, funkčnost bioplynové stanice a také produkt (digestát), který z bioplynové stanice vychází. Vše je koncipováno na platnou legislativu a jsou zde zahrnuty i hlediska použitých vstupů. Následující část se zabývá trendy ve světě a u nás. A to jak BPS stanic tak digestátem. Další část je zaměřena na vybrané BPS, které se nachází v Moravskoslezském a Olomouckém kraji. Mezi tyto zemědělské BPS patří (BPS Stonava, BPS Pustějov, BPS Albrechtice, BPS Bílovec, BPS Třeština) a jedna průmyslová v Nošovickém pivovaru. Poslední část je experimentální, kde jsou srovnávány vlastnosti digestátů z jednotlivých bioplynových stanic.

Klíčová slova: digestát, bioplynová stanice, anaerobní digesce, hnojivo, bioplyn

Summary

My thesis deals with the issue of digestate, which is the end product of anaerobic degradation of the substrate in the biogas plant. The theoretical part describes the anaerobic digestion, biogas functionality and product (digestate) from which biogas is based. Everything is designed to valid legislation and also includes terms of the inputs. The following section deals with trends in the world and in our country. And both BPS stations and digestate. Another section focuses on selected BPS, which is located in the Silesian and Olomouc region. These include agricultural BPS (BPS Stonava, Pustějov BPS, BPS Albrechtice, Bílovec BPS, BPS Třeština) and one in Nošovické industrial brewery. The last part is experimental, where are compared the properties of digestate from biogas plants.

Keywords: digestate, biogas station, anaerobic digestion, fertilizer, biogas

OBSAH

1	ÚVOD	1
1.1	Problematika vzniku digestátu při anaerobní digestaci v BPS.....	2
1.1.1	Anaerobní digestace.....	2
1.1.2	Faktory ovlivňující anaerobní digestaci.....	3
1.1.3	Digestační technologie	6
1.2	Digestát.....	9
1.2.1	Dělení digestátu	10
1.2.2	Vlastnosti digestátu	11
1.3	Bioplynová stanice	16
1.3.1	Funkce bioplynové stanice.....	16
1.3.2	Části bioplynové stanice	19
2	NAKLÁDÁNÍ S DIGESTÁTEM.....	21
2.1	Legislativní požadavky na digestáty	21
2.2	Legislativní požadavky na digestát pro účely hnojení	21
2.3	Jak nakládat s digestátem	23
2.3.1	Digestát jako hnojivo	23
2.3.2	Digestát jako palivo	23
3	VYBRANÉ BIOPLYNOVÉ STANICE	25
3.1	STONAVA.....	25
3.2	VELKÉ ALBRECHTICE 305+306	27
3.2.1	BPS 306	28
3.2.2	BPS 305	29
3.3	BPS PUSTĚJOV	31

3.4 BPS TŘEŠTINA.....	33
3.5 BPS NOŠOVICE.....	35
4 PRAKTICKÁ ČÁST.....	37
4.1 Odběr vzorků digestátu	37
4.2 Laboratorní předúprava	37
4.3 Analýza vzorků.....	39
4.3.1 Stanovení sušiny dle ČSN EN 12879	39
4.3.2 Stanovení celkového fosforu dle JPP ÚKZÚZ	39
4.3.3 Stanovení amoniakálního dusíku dle JPP ÚKZÚZ.....	39
4.3.4 Stanovení CHSK _{Cr} dle ČSN ISO 6060	40
4.3.5 Stanovení BSK ₅ dle ČSN EN 1899-1	41
4.4 Výsledky rozborů	41
4.4.1 Srovnání digestátu z BPS.....	43
4.4.2 Srovnání fugátu a separátu.....	46
5 ZÁVĚREČNÁ ČÁST	61
SEZNAM POUŽITÉ LITERÁTURY	63
SEZNAM OBRÁZKŮ	
SEZNAM PŘÍLOH	

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AD	Anaerobní digesce
BPS	Bioplynová stanice
BRO	Biologicky rozložitelné odpady
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
VŽP	Vedlejší živočišné produkty
OZE	Obnovitelný zdroj energie
EU	Evropská unie
EHS	Evropské hospodářské společenství
ES	Evropská směrnice
ČSN	Československá státní norma
EN	Evropská norma
JPP	Jiný pracovní postup
ÚKZÚZ	Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci

1 ÚVOD

Dnešní doba poukazuje na pokles využívání vyčerpatelných paliv a upíná se směrem druhým a to čím dal tím větším zájmem o obnovitelné zdroje energie (dále jen OZE). Velký převrat nastal, když si lidé začali více uvědomovat své okolí a také ekologickou stránku naší země. Vše se nyní upírá na stránku ekonomickou, což tato sféra obnovitelných zdrojů nabízí. Vše bylo nastartováno vstupem do Evropské unie (dále jen EU), která vydala nařízení, kterým se členské státy musí řídit. Nastala i ta výhoda, požádat při výstavbě technologii OZE EU o dotační příspěvek, který se pohybuje v řádu 60% celkového rozpočtu na výstavbu. Další obrovskou výhodou OZE jsou programy, které podporují další růst této novodobé sféry energie. Tato energie je poté prodávána jako zelená a její ceny jsou mnohem nižší, než jsou klasické ceny za elektrickou či tepelnou jednotku. Situace, která nastala, měla za následek obrovský rozkvět výstavby bioplynových stanic (dále jen BPS). Toto zařízení umožňuje úspěšně zpracovávat odpad a to jak ze zemědělské sféry, tak i za určitých podmínek odpad komunální. Jedním z požadavků výše zmíněné EU bylo i to, že se má členský stát snažit o snížení biologicky rozložitelného odpadu, který je klasicky svážen na skládky. Hlavním produktem, který se tvoří v BPS je, jednak bioplyn, který se využívá ke tvorbě elektrické a tepelné energie a další složkou, která vychází z BPS je digestát. Pojem digestát je dnešním pohledem brán jako velice schopné a energeticky kvalitní organické hnojivo, které se po splnění určitých podmínek dá využít k hnojení zemědělské půdy. Samozřejmě existují i protichůdné názory, které toto tvrzení vylučují, naopak poukazují na to, že toto hnojivo nemá tak výživnou hodnotu pro půdu.

Cílem mé diplomové práce je sledování porovnávání vlastností digestátu ve vybraných BPS, a vyhodnocení toho, zda jsou tyto vlastnosti srovnatelné mezi jednotlivými BPS.

1.1 Problematika vzniku digestátu při anaerobní digestaci v BPS

1.1.1 Anaerobní digesce

Pojem anaerobní digesce, (dále jen AD) vede ke vzniku bioplynu a také fermentačního zůstatku, který se nazývá digestát. Proces, ke kterému zde dochází je řazený do složitějších pochodů a to z důvodů, že se zde kloubí více procesů najednou. Složitější makromolekulární látky se rozkládají na látky jednodušší, takzvané prvotní látky. Veškeré procesy, které zde probíhají, jsou prováděny za nepřístupu vzduchu. Proces se dá také nazvat jako biogasifikace, biomethanizace, methanové kvašení či methanová fermentace. Tyto názvy jsou ale pouhou alternativou názvu, jejíž použití záleží na konkrétních způsobech procesů. AD je energeticky a technologicky velmi výhodný proces, při kterém dochází k odbourávání respektive využívání odpadu, který sebou nese velkou část organických látek. Proces je hojně využíván po celém světě pro jeho vlastnost a to pro využitkování zemědělského odpadu. [1],[2],[3],[4],[5]

AD je chemicky složitější proces, který je rozdělen do 4. etap (hydrolýza, acidogeneze, acetogeneze, methanogeneze). Zmíněné 4. etapy mohou postupovat souběžně a to převážně, jedná-li se o jednostupňový systém výroby bioplynu. Ten se velmi často využívá v zemědělství.

I. etapa - hydrolýza

Při této části se ještě za přísunu vzduchu rozkládají makromolekulární látky výčtem proteiny, lipidy a polysacharidy na mnohem jednodušší organické sloučeniny a to na aminokyseliny, mastné kyseliny a cukry.

II. etapa – acidogeneze

Zde pokračuje postupný rozklad působením kyselinotvorných bakterií na nižší mastné kyseliny (kyselina máselná, propionová a octová).

III. etapa - acetogeneze

Tato etapa se pohybuje pouze v anaerobních podmínkách, tudíž bez přístupu vzduchu. Dochází zde k tvoření kyseliny octové, oxidu uhličitého a vodíku. Tyto tři části jsou považovány za základní kámen pro vznik bioplynu.

IV. etapa - methanogeneze

V této poslední fázi vzniká bioplyn. Je to směs oxidu uhličitého a methanu, přičemž je spotřebováván vodík, který vznikl při 3. fázi (acetogenezi). Poslední dvě fáze je třeba udržovat v rovnováze, protože procesy methanogeneze a acetogeneze probíhají simultánně, což znamená, že probíhají současně. [1],[2],[3],[4],[5]

Posloupnost etap viz obrázek č. 1.

Obr. č. 1 Schéma postupu anaerobní digesce



Zdroj: [19], upraveno autorem

1.1.2 Faktory ovlivňující anaerobní digesci

Je zřejmé, že při probíhajících procesech AD, je také třeba dodržet určitá pravidla. Jsou zde i faktory, které ovlivňují celý průběh a životní cyklus mikroorganismů.

Nepřístupnost vzduchu

Anaerobní bakterie, jak už vyplývá z názvu, potřebují prostředí, ve kterém se nevyskytuje kyslík. Část bakterií – acidogenních snáší velmi malé množství kyslíku. Kdežto pro methanogenní bakterie je kyslík přímo toxický a to už při koncentraci cca 0,001 %. Proto je třeba zabránit v přístupu kyslíku zvláště v poslední fázi AD.[6]

Teplotní vliv

Methanové kvašení má možnost probíhat v širokém rozmezí teplot a to od 4–95°C. V biochemických reakcích ovlivňuje teplota celý proces a zde u AD tomu není jinak. Lze říci, že když roste teplota rychleji, dochází k rychlejšímu rozkladu. To má za následek větší akceleraci v produkci plynu, časově méně náročné zdržení, ale citelně menší obsah methanové složky v bioplynu. Celý tento proces je závislý na mikroorganismech, které jsou velice náchylné na skokové změny teplot. Aby nebyla narušena dynamická rovnováha tohoto procesu a nedošlo k narušení a havárii celého systému, je zapotřebí provádět změny teploty postupně, nikoliv skokově. Jinak by bakterie neměly možnost se adaptovat. Ekolog Heinz Schulz vypočetl doporučenou dobu zdržení, při které se bakterie stihnou adaptovat. Tento časový úsek je jeden měsíc. Adaptabilitu nám rozděluje bakterie do čtyř kategorií, které jsou děleny dle teplotních sekcí. Psychrofilní (4-20°C), mezofilní (25-40°C), termofilní (45-60°C), extrémně termofilní (nad 60°C). Samozřejmě, že bakterie přežívají i při teplotách menších než 4°C, ale jsou v procesu hibernace (nepracují). Teplota, při které jsou schopny pracovat, je udávána v různých rozmezích. Nejvíce názorů se shoduje na teplotě 3-4°C.[2],[3],[7]

Vliv reakce prostředí pH

Nízké či příliš vysoké hodnoty záporných vodíkových iontů v procesu AD má na mikroorganismy inhibiční (odumírání) účinky. Je tedy důležité udržovat koncentraci vodíkových iontů (pH) v dobrém rozmezí. Velká druhová část bakterií produkuje svou činnost v rozmezí hodnot pH 6-8. Testy bylo dokázáno, že pro druh methanogenních bakterií je nejlepší oblast neutrální. Jestliže klesne pH pod hodnotu neutrálního prostředí, vzrůstá koncentrace neionizovaných mastných kyselin a celý proces se inhibuje. Narůstá-li pH nad hodnotu 7,6, procesy mohou začít inhibovat díky nárůstu volného amoniaku. [2],[8],[9]

Poměr C:N

Velmi důležitým faktorem pro chod AD je poměr C:N. Nejvhodnější oblast pokrývá rozmezí C:N (20 - 30:1). Nízký nebo naopak vysoký obsahu dusíku se negativně projevuje na složení bioplynu. Vysoký podíl dusíku obsahují výkaly zemědělských zvířat, oproti tomu zde máme uhlík, který má své velké zastoupení v rostlinné oblasti. Tabulka č. 1 udává podmínky poměru C:N pro proces biomethanizace. Názory vědců na poměr C:N se shodují u hodnoty 21 až 28:1.[3]

Tabulka č. 1 Poměr C:N pro proces biomethanizace

Pod 10	Kritické až nevhodné
10 – 15	Mezní, provoz je nutno pečlivě sledovat
15 – 20	Provoz bezproblémový není-li reaktor přetěžován
Nad 20	Optimální

Zdroj: [3]

Přítomnost nutrientů

V provozu a zpracování anaerobních reaktorů je velmi důležité mít správnou poměrovou část C:N:P. Z chemického hlediska by se tento poměr dal přepsat jako poměr živin CHSK:N:P v poměru od 300:6,7:1 až 500:6,7:1. Fosfor a dusík samo sebou nejsou jediné živiny. Za další žádoucí mikronutrienty se považují Na, K, Ca, Fe, S, Mg, Se, W. Je třeba také zabezpečit přítomnost růstových faktorů. Jedná-li se o substráty rostlinného původu, je množství nutrientů dostačující. Pokud hovoříme o AD kejdy nebo jiných živočišných produktů, bývá zde vysoký přebytek amoniaku, který může za určitých podmínek působit inhibičně někdy až toxicky. [7]

Přítomnost toxických a inhibujících látek

Za toxické nebo inhibující látky pokládáme látky, které nepříznivě ovlivňují biologický proces. Často se setkáváme s inhibičním působením nižších mastných kyselin a amoniaku. Zde je nutno upozornit, že v obou případech inhibičně působí tyto látky v nedisociované formě. To znamená, že inhibice těmito látkami je závislá na pH a jejich celkové koncentraci v systému. Při nízkém pH mohou inhibičně působit mastné kyseliny,

při vysokém pH amoniak. Dlouhodobou adaptací lze vypěstovat biomasu, tolerující i vyšší koncentrace amoniaku. Při zpracování slepičího trusu nebo prasečí kejdy může koncentrace amoniaku dosahovat v závislosti na koncentraci vstupujícího materiálu hodnot až 6 g. l⁻¹ i více. [7]

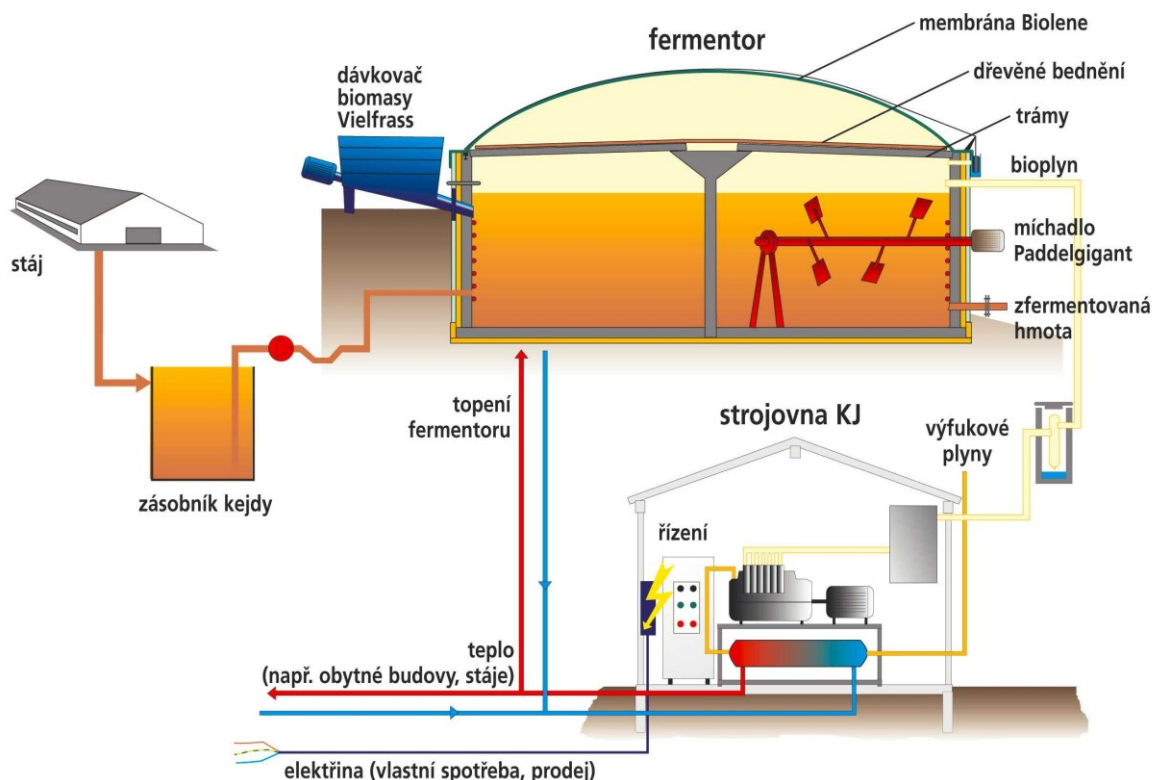
1.1.3 Digestační technologie

Pro AD je využívána technologie tzv. „mokrý a suchý“ digesce. Rozdíl mezi oběma typy se odvíjí od obsahu sušiny ve vstupním substrátu. V České republice je více využívána mokrá digesce, kde obsah sušiny dosahuje cca 13%.

Mokrá digesce

Celý proces AD probíhá v uzavřených kovových nebo železobetonových nádržích obdélníkového či kruhového tvaru. U těchto nádrží je třeba stále sledovat a udržovat teplotu, která se odvíjí od typu bioplynové stanice. Teplota je jedním z důležitých faktorů ovlivňujících AD. Dalšími faktory, které je třeba dodržet, jsou anaerobní podmínky a míchání pomocí lopatkového mechanismu. Ten zamezuje tvoření krusty na povrchu a zajišťuje dokonalé promíchání substrátu a bakterií. Dále je třeba zajistit stálý přísun nové biomasy a sledování hladiny, aby nedocházelo k odplavení mikroorganismů z procesu. Měla by být dodržena doba zdržení, která se uvádí v rozmezí 20-110 dní v závislosti na zpracovávaném produktu. Mokrá digesce využívá jako palivo substrát s obsahem sušiny do 12%. Veškerá biomasa živočišné i rostlinné produkce, čistírenské kaly a vedlejší živočišné produkty, které musí projít úpravou a hygienizací se dávkuje do celého systému pomocí čerpadel.[10],[11],[12]. Mokrá digesce viz obrázek č. 2

Obr. č. 2 Schéma mokré digesce



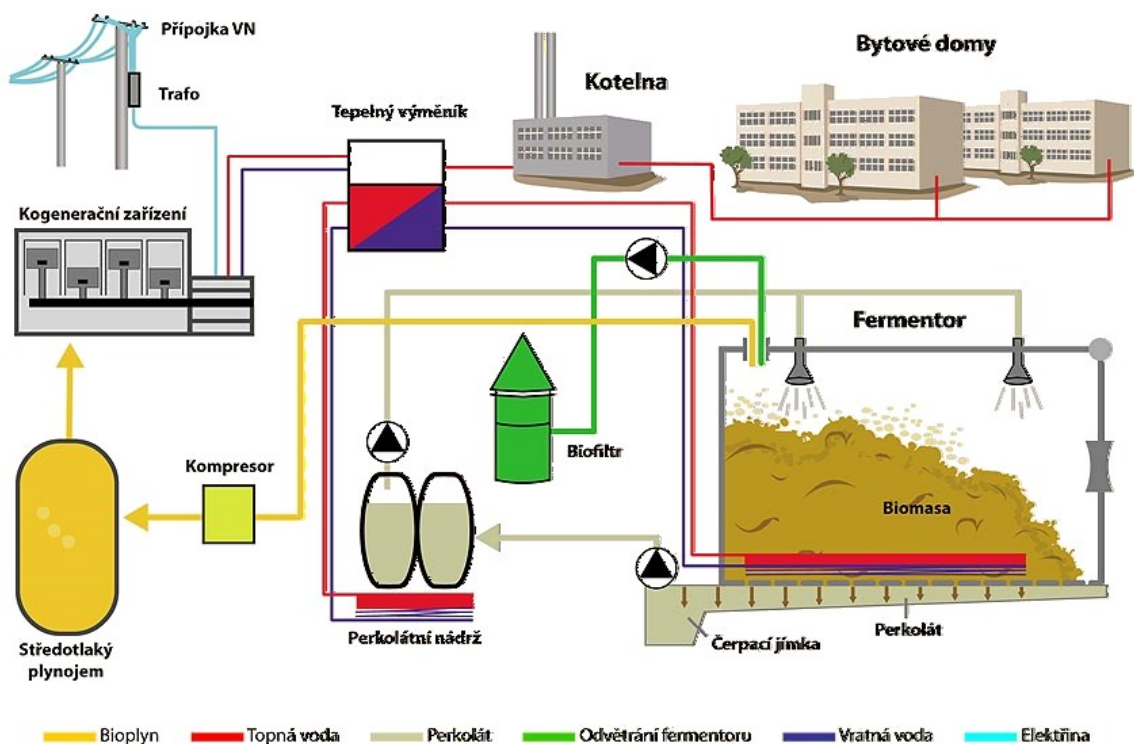
Zdroj:[14]

Suchá digesce

Digesce rovněž probíhá v uzavřených nádržích či komorách, které mají nainstalované plynotěsné vrata s vytápěnou podlahou a s tryskami na stropě pro postřikování substrátu perkolátem. Perkolát vzniká při AD a obsahuje vhodné a rozvinuté kultury anaerobních mikroorganismů. Využívá se k mísení nového či částečně zpracovaného substrátu procesem AD. Vnitřek komory je vyhříván na mezofilní teplotu, která má hodnotu 32-38°C. Suchou digescí je možno provádět ve dvou provozech kontinuálním a diskontinuálním. Hojněji je využíván diskontinuální postup, který je méně náročný na ekonomickou stránku. Reaktor pracuje v cca 28 denních cyklech, které jsou závislé na množství substrátu a na množství vyprodukovaného methanu. Z toho plyne, že je výhodnější provozovat více komor. Optimální počet jsou 4 komory, které zaručí dostatek bioplynu. Po dokončení cyklu je obsah komory vyvezen pomocí nakladačů na místo před komory. Zde se starý substrát smísí s novým substrátem v poměru, který je nutno udržovat přesně v rozmezí 50-75% již zpracovaného k 25-30% čerstvého substrátu.

Aby došlo k co nejrychlejšímu naběhnutí procesu, a nemusel se celý koloběh digesce opětovně rozbíhat od začátku, provádí se tento postup promíchání a zpětného vložení do systému.[11],[12],[13]. Suchá digesce viz obrázek č. 3.

Obr. č. 3 Schéma suché digesce



Zdroj:[39]

1.2 Digestát

Produktem vznikajícím při složitém pochodu výroby bioplynu prostřednictvím AD je digestát (fermentát) bohatý na živiny (nutriety). Digestát se dá využít jako hnojivo, neboť obsahuje usmrcené mikroorganismy a látky s vysokým obsahem živin.[15] Digestát se pomocí separátorů (centrifugy) rozděluje na fugát a separát.

Fugát – neboli procesní voda, je kapalný produkt vyhnívacího pochodu a má povahu odpadní vody. Je silně zakalený a zahrnuje produkty anaerobního rozkladu organických látek. Většinou je odváděn do čistírny odpadních vod.[26]

Separát – pevná část.

Celkový digestát prezentuje zpracovanou vstupní surovinu, která je vyvezena či vypuštěna z fermentační komory. Hmota, která vychází z komory je čerpatelná s obsahem sušiny do 13%. Jedná - li se o suchou digesti, pak je obsah sušiny procentuálně větší. Skladba je tvořena ze stavebních prvků rostlin, minerálních částí, které jsou obsaženy v BRO ,vody a mrtvých bakterií.[16]

Jakost digestátů ovlivňuje mnoho dalších faktorů. Jedním z faktorů je substrát vstupující do procesu AD, který tvoří rostlinné materiály, kejdy, biomasa, kaly, biologicky rozložitelný odpad (BRO) a také vedlejší živočišné produkty (VŽP). Tyto vstupy mají další vliv na využití digestátu.[17]

Následující faktory, které mohou význačně ovlivnit výsledný digestát, jsou předúpravy, konfigurace AD či následné úpravy digestátu. Zástupce procesu předúpravy lze demonstrovat na termální hydrolýze, při které dochází k oslabení skladby substrátu a tím mnohem jednodušší přístup bakterií k nezbytným látkám.[16]

1.2.1 Dělení digestátu

Existují různá hlediska, jak lze digestát dělit: dle využití vyrobeného digestátu, dle vstupních surovin, dle obsahu sušiny.

Dle využití digestátu

- a) jako organické hnojivo – je podřízeno předpisům Ministerstva zemědělství a Zákonu č.156/1998 Sb. o hnojivech
- b) pro tvorbu tuhých alternativních paliv, které musí projít procesem sušení
- c) jinde než na zemědělské půdy -rekultivační digestáty
- d) jako vstupní materiál do kompostáren pro produkci kompostu[17]

Dle vstupních surovin

- a) vstupní surovinou je statkové hnojivo a materiály rostlinného charakteru (travní biomasa, kukuřičná siláž, sláma ad.) – takto vytvořený digestát lze využít jako hnojivo na zemědělskou půdu v souladu s platnou legislativou
- b) vstupní surovinou je biologicky rozložitelný odpad
- c) vstupní surovinou jsou VŽP. V tom případě musí BPS obsahovat hygienizační sekci/jednotku (vysokoteplotní hygienizace ,pasterizace). Tato sekce musí splňovat dané podmínky a stanovy, které jsou obsaženy v Nařízení ES 1069/2009.[17]

Dle obsahu sušiny

Digestát dle obsahu sušiny upravuje vyhláška č. 271/2009 Sb. o stanovení požadavků na hnojiva, v platném znění. Digestát je dle vyhlášky označen jako organické hnojivo, které musí splňovat limity rizikových prvků pro substráty či organická statková hnojiva s obsahem sušiny nad a do 13%. Je nutné sním nakládat a zacházet v souladu s vyhláškou č. 91/2007 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva zemědělství č. 274/1998 Sb., o skladování a způsobu používání hnojiv, ve znění pozdějších předpisů.[18]

1.2.2 Vlastnosti digestátu

Charakter digestátu je dán následujícími vlastnostmi:

- pH okolo 7-8
- obsah sušiny 2-13%
- nižší obsah uhlíku
- obsah celkového dusíku 0,2-1%

Obsah dusíku v digestátu je ve formě plynů, tzn., že nastává nebezpečí úniku do vzduchu ještě předtím, než je aplikován do půdy. Jestliže chceme tomuto nebezpečí předejít, je třeba využít technologii zapravování digestátů do půdy co nejrychleji a to pomocí hadicových aplikátorů.

Tab. č. 2 - Složení digestátu dvou typů.

	Jednotka	Digestát z odpadu potravinářského průmyslu	Digestát z kejdy
Sušina	%	4,33	8,22
pH	-	8,41	8,22
Hustota	kg/m ³	0,99	0,97
Celkový dusík	kg/m ³	7,35	4,4
Snadno dostupný N	kg/m ³	5,94	2,55
P ₂ O ₅	kg/m ³	0,48	1,35
K ₂ O	kg/m ³	1,81	3,49
MgO	kg/m ³	0,06	0,74
SO ₃	kg/m ³	0,44	1,28

Zdroj: wrap.org.uk. Upraveno autorem

Tabulka č. 2 ukazuje na obsah dusíků u dvou typů digestátů. Je zřejmé, že množství dusíku, který je obsažen v digestátu z odpadů potravinářského průmyslu je vyšší než dusík z kejdy. Naproti tomu u obsahu živin je výhodnější digestát z kejdy. Nastává otázka, jaký typ využít při hnojení. [16]

Abychom dosáhli jakostních hodnot digestátu a minimalizovali emisní standardy, je nutné splnit následující kritéria:

- je třeba využívat dohnívací nádrže
- nenarušovat přirozený škraloup tvořící se na hladině skladovacích nádrží
- omezit primární účinky větru na hladině digestátu, jedná-li se o polní jímky (ochranný prostor u jímky)
- využít vhodné separátory pro využití recyklace fugátu (odvodnění)
- pokud se provádí aplikace digestátu do zemské půdy, doporučuje se využívat takový systém, který zamezí vstupu dusíku a zápachu do ovzduší (hadicové aplikátory, které doléhají k zemi)[17]

Digestát jako hnojivo

V odborné literatuře se rozebírají názory, zda je digestát organické hnojivo či není. Vedou se značné debaty, zda je jeho kvalita dostačující, zda je silně či slabě minerální. Veškeré tyto faktory se projednávají a jsou stanoveny v nitrátové směrnici (č. 91/676/EHS) a také v rámcové směrnici, která se zabývá vodní politikou EU (2000/60/ES).[16]

Pokud zemědělci respektují nitrátovou směrnici EHS, pak by neměli digestát aplikovat na půdu ve vymezeném období, které je popsáno v tabulce č. 3. Aplikace se různí dle klimatických regionů. Klimatické regiony v příloze č. 7. [20]

Tab. č. 3 - Zákaz aplikace digestátu ve vymezeném období.

Klimatický region	Travní porosty		Plodiny na orné půdě	
	0 – 5	6 – 9	0 – 5	6 – 9
Zákaz aplikace hnojiv s rychle dostupným dusíkem, vč. digestátu	15. 11. – 31.1.	5. 11. – 28.2.	15. 11. – 31.1.	5. 11. – 28.2.

Zdroj: [20] upraveno autorem

Je nutné využít vhodné techniky zapravování digestátu do zemědělské půdy. Jednou z technik, která se využívá je zapravování pomocí botkového zapravovače, který je na obrázku č. 4. Pomocí této techniky se zamezí zápachu a digestát je vpraven téměř hned do zemědělské půdy. Aplikovat digestát je zakázáno v blízkosti obytných zón, a to převážně v časovém úseku víkendů či podvečerů [16],[21]

Obr. č. 4 Botkový zapravovač



Zdroj: [22]

Pokud je digestát využíván jako hnojící prostředek, musí být vystaven pravidelným revizím a rozboru vzorků akreditovanou laboratoří. Jejich úkolem je posoudit, zda je digestát vhodný k využití, neobsahuje li nadměrné hodnoty nebezpečných látek např. (antibiotika, těžké kovy, patogeny). Limity uvádí Vyhláška 401/2004 Sb., v platném znění. Bez registrace (ohlášení) může digestát jako hnojivo využívat společnost, která ho vyrábí z vlastních zdrojů a aplikuje ho na své pozemky. Jedná – li se o digestát, ve kterém je při procesu AD využíváno VŽP, je nutno takový digestát registrovat. [20]

Digestát pro rekultivaci

Pokud digestát nesplňuje vlastnosti jako hnojící prostředek pro zemědělskou půdu, naskýtá se zde možnost využití jako hnojivo mimo ornou půdu. Jedná se o využití digestátu na rekultivaci parkové zeleně, městskou zeleň, pěstování technického okrasného rostlinstva atd. Takto využívaný digestát nese název (rekultivační digestát).

Rekultivační digestát je vymezen v legislativě vyhláškou č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady. V této vyhlášce nalezneme mezní hodnoty rizikovějších látek, které může takový digestát mít. Jsou tam rovněž stanoveny ukazatele jakosti:

- pH 6,5-9
- dusík přepočítaný na sušinu – minimálně 0,3%
- vlhkost maximálně 98% hm

V této vyhlášce jsou zaznamenány limitní koncentrace digestátů, dle kterých jsou řazeny do skupin.

1. skupina – se řídí zákonem o hnojivech.
2. skupina – výstupy, které jsou součástí druhé skupiny, jsou děleny dle obsahu rizikových komponent. Tato skupina je rozdělena na tři třídy.
 1. Třída - využití k hnojení u sportovně rekreačních center
 2. Třída - lesoparky, městské zástavby, parky, zúrodnění průmyslových zón
 3. Třída - rekultivační činnost na površích zabezpečených skládek odpadu
3. skupina – jedná se o stabilizovaný biologický rozložitelný odpad

V případě, že digestát z BPS nesplňuje zákonem daná kritéria, je potřeba je odstranit a tyto digestáty mají označení biologicky nerozložitelný odpad. [23]

Tab. č. 4 Limitní koncentrace rizikových prvků a látek v rekultivačním digestátu dle vyhlášky č. 341/2008 Sb.

Sledovaný ukazatel	Jednotka	Digestát (skupina 2)			Stabilizovaný biologicky rozložitelný odpad (skupina 3)
		Třída I	Třída II	Třída III	
As	mg.kg ⁻¹ sušiny	10	20	30	40
Cd	mg.kg ⁻¹ sušiny	2	3	4	5
Cr _{celkový}	mg.kg ⁻¹ sušiny	100	250	300	600
Cu	mg.kg ⁻¹ sušiny	170	400	500	600
Hg	mg.kg ⁻¹ sušiny	1	1,5	2	5
Ni	mg.kg ⁻¹ sušiny	65	100	120	150
Pb	mg.kg ⁻¹ sušiny	200	300	400	500
Zn	mg.kg ⁻¹ sušiny	500	1200	1500	1800
PCB	mg.kg ⁻¹ sušiny	0,002	0,2	-	dle způsobu využití
PAU	mg.kg ⁻¹ sušiny	3	6	-	dle způsobu využití
Nerozložitelné příměsi >2mm	% hm.	max. 2% hm.	max. 2% hm.	-	-

Zdroj: [23]

Tabulka č. 4 poukazuje na limitní koncentrace rizikových látek a prvků v rekultivačním digestátu.

1.3 Bioplynová stanice

1.3.1 Funkce bioplynové stanice

Vedení Substrátu

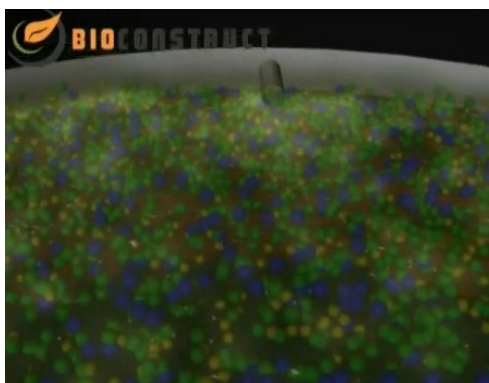
V BPS se kromě jiných vstupů využívá také silážovaná kukuřice. Tato obnovitelná surovina se pomocí kolového bagru nasype do betonového zásobníku. Siláž se doplňuje přibližně jednou denně. Silážovaná kukuřice je bohatá na energii a proto vhodná pro využití v BPS. Zásobník je vybaven hydraulickým posuvným dnem, který kukuřici průběžně sune na dopravní pás. Další složkou, která se využívá v BPS, je kejda. Po krátkém meziskladování ve chlévech, je kejda potrubím přečerpána do směšovacího čerpadla. Společně s kukuřicí na dopravním pásu vstupuje kejda do dvou míchacích válců. Takto mohou být pevné látky smíchány ještě před vlastní fermentací. Pomocí této techniky je možné zásobovat čerstvým substrátem i několik od sebe vzdálených fermentačních nádrží. Jako další substrát se dají využít tekuté odpady z potravinářského průmyslu. Protože množství disponibilního odpadu často kolísá, měla by být k dispozici velká zásobní jímka. Integrace jímky v hale slouží k minimalizaci zápachu a zvýšení ochrany před infekcemi. Nyní jsou tekuté odpady ohřívány horkou vodou v trubkovém výměníku tepla metodou proti proudu na 75°C. Po uplynutí fáze ohřívání trvající jednu hodinu je prováděna hygienizace substrátu, aby mohly být substráty odvedeny do fermentoru. Zde dochází k vlastní tvorbě bioplynu. Dopravené substráty jsou průběžně promíchávány, aby se zabránilo vniku usazenin a plovoucích vrstev. Pomocí nástěnného ohřevu horkou vodou je substrát ohříván na teplotu přibližně 40°C, aby byl umožněn proces tvorby methanu. V průměru zůstane substrát ve fermentoru 60 dnů, než může být v dalším dofermentoru opět přibližně 60 dní využíván k produkci bioplynu. Řídký substrát je po fermentaci přečerpán do dvou železobetonových nádrží, kde je skladován maximálně po dobu 6 měsíců a poté vyčerpán na zemědělskou půdu.[40]

Vedení plynu

Pokud jsou fermentory zásobovány čerstvou biomasou, jsou vzduchotěsně uzavřené, vytápěné a substráty jsou promíchávány - vznikne už během několika dnů požadovaný bioplyn. Vznik bioplynu je komplexní a citlivý proces. Výchozím bodem pro

tvorbu plynu jsou organické látky obsažené v substrátech, jako například tuky nebo uhlohydráty, kterými se živí různé druhy bakterií. Vniklý plyn stoupá v nádrži za průběžného promíchávání pomalu nahoru. Skládá se přibližně z 50 až 70 % methanu, který je znázorněn zeleně obrázek č. 5 a zbytek tvoří vodní pára, vodík a sirovodík.

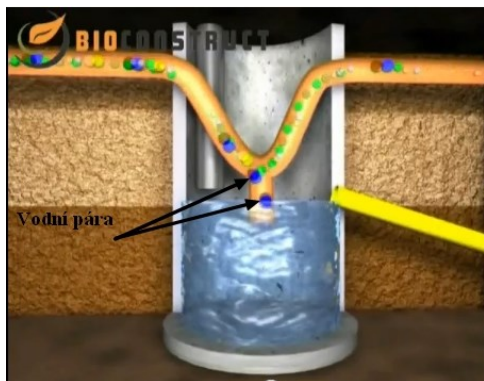
Obr. č. 5 Methanové částice



Zdroj: [40]

Protože vodní pára a sirovodík způsobují během následného zužitkování plynu problémy, musí být tyto látky z plynu odstraněny. Nejdříve je plyn zbaven vodní páry znázorněna modře obrázek č. 6.

Obr. č. 6 Vodní pára



Zdroj: [40]

Kondenzovaná voda je shromažďována a odčerpávána v šachtě na kondenzát. V maximální míře odvodněný bioplyn je v biologickém odsiřovacím zařízení očištěn od agresivního sirovodíku. Pomocí přivedeného vzduchu se mohou na řetězech, obrázek č. 7 této nádrže usazovat kultury bakterií, které sirovodík rozkládají na neškodnou síru a vodu.

Obr. č. 7 Řetězy na zachycení sirovodíku



Zdroj: [40]

Poté je v bioplynu, který je bez tlaku, pomocí kompresoru vytvořen tlak potřebný pro pozdější spalování. Aby bylo možné odstranit zbývající vodní páry a zbavit bioplyn nánosů silikátu, musí bioplyn projít mokřým sušením. Toto sušení je prováděno pomocí vodní mlhy o teplotě téměř 0°C obrázek č. Plyn je tak ochlazen na teplotu nižší než 5°C. Aby bylo možno úpravu plynu kontrolovat a automaticky řídit, je bioplyn průběžně sledován pomocí měření online. Měřen je obsah methanu, sirovodíku, oxidu uhličitého a kyslíku. Je tak zaručen vysoký stupeň efektivity a bezpečnosti provozu. Pokud dojde k nadprodukci bioplynu, je nutné, aby byla k dispozici plynová fléra. Unikání nespáleného methanu do ovzduší škodí životnímu prostředí. Pomocí tohoto zařízení probíhá využití bioplynu se dvěma kogeneračními jednotkami, bez oxidu uhličitého, pro zpracování bioplynu s 15 t biomasy. Ročně musí elektrický výkon těchto jednotek činit dohromady 500kW. Díky optimální úpravě plynu mohou být motory v provozu téměř 24 h/denně, po několik let, při nízkých nákladech na údržbu. Až 30 % vzniklého odpadního tepla z chladicí vody motorů je použito na ohřev výměníku tepla a fermentoru. Tomuto soběstačnému procesu nemusí být dodáváno žádné dodatečné teplo. Zbylé teplo může být využíváno k vytápění průmyslových podniků, obytných domů nebo bazénů. Elektrická energie vyrobená generátorem kogenerační jednotky je v transformátoru přeměněna na síťové napětí. Poté je proud dodáván do veřejné sítě a pokryje roční spotřebu 1000 obyvatel. [40]

1.3.2 Části bioplynové stanice

Homogenizační jednotka

V této části BPS se veškeré vstupující suroviny homogenizují, v některých případech se drtí či mělní, aby byla efektivnější transformace. Vše se zde míchá, aby byly ideální poměry pro AD. Na obrázku č. 8 je znázorněna homogenizační jednotka v BPS Pustějov. [24]

Obr. č. 8 Homogenizační jednotka BPS Pustějov



Zdroj: [24]

Fermentor

Digestor, bioreaktor, jsou slova stejného významu. Fermentory jsou většinou železobetonové nádrže, ve kterých je promíchávání prováděno mechanicky nebo pneumaticky. Na obrázku č. 9 jsou znázorněny fermentační nádrže BPS Pustějov.[24]

Obr. č. 9 Fermentor BPS Pustějov



Zdroj: [24]

Kogenerační jednotka

V této jednotce se bioplyn mění na teplo a elektrickou energii. Jde o spalovací motor, který je poháněn bioplynem. Teplo, které je tvořeno v chladícím mediu, je dále využíváno na vytápění fermentorů. Jednotky jsou v BPS instalovány ve větším počtu, většinou 2 a více. Na obrázku č. 10 je znázorněna kogenerační jednotka JENBACHER JMS 312

Obr. č. 10 Kogenerační jednotka JENBACHER



Zdroj: [25]

2 NAKLÁDÁNÍ S DIGESTÁTEM

2.1 Legislativní požadavky na digestáty

Postup nakládání s digestátem může být rozdílný v souvislosti na jeho jakosti a konkrétních situacích v místě jeho vzniku. Mezi nejrozšířenější způsoby použití digestátu je jeho využití jako organického hnojiva na zemědělskou půdu. Digestáty, které mají obsah celkové sušiny do 13 % hm. jsou nazývané jako tekuté digestáty a digestáty s obsahem vyšším jak 13 % hm. Jsou pojmenovávány digestáty tuhé. Tuhý digestát se upravuje v kompostárnách se záměrem výroby kompostu a tekutý digestát lze použít jako hnojivo.

Všeobecně lze s digestátem nakládat podle národních právních předpisů, ale pro produkty ze závodů, kde se zpracovávají vedlejší živočišné produkty (např. kuchyňské odpady a odpady ze společenského stravování) platí pro země EU a i pro Českou republiku Regulation (EC) No 1069/2009 [46]. Prováděcím předpisem k tomuto nařízení je Nařízení Komise (EU) č. 142/2011 [47] ze dne 25. února 2011, kterým se provádí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkt živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a provádí směrnice Rady 97/78/ES, pokud jde o určité vzorky a předměty osvobozené od veterinárních kontrol na hranici podle uvedené směrnice.

2.2 Legislativní požadavky na digestát pro účely hnojení

Základními legislativními předpisy, které zajišťují, aby byla na zemědělské půdě správně aplikována pouze kvalitní, a nezávadná organická hnojiva jsou:

- Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), v platném znění [48]. Tento zákon řeší problematiku registrace hnojiv a pomocných látek před jejich uvedením do oběhu; dále řeší i problematiku jejich označování, skladování a používání. V režimu tohoto zákona není nutné podrobit digestát, který je výstupem z bioplynové stanice zpracovávající pouze zemědělský odpad, před ukládáním na zemědělskou půdu mikrobiologické kontrole, tak, jak se to

vyžaduje u čistírenských kalů nebo u digestátu z bioplynových stanic komunálních, které jsou v režimu Nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 [46] a kde musí být digestáty podrobeny mikrobiálnímu rozboru.

- V novele zákona o hnojivech č. 9/2009 Sb., [49] došlo ke změně definice hnojiva, („hnojiva“ = látky způsobilé poskytnout účinné množství živin pro výživu kulturních rostlin a lesních dřevin, pro udržení nebo zlepšení půdní úrodnosti a pro příznivé ovlivnění výnosu či kvality produkce“). Dle § 2a se hnojiva dělí na minerální, organická, organominerální a statková. Dle § 9 digestáty vyrobené ze statkových hnojiv a objemných krmiv určené pro vlastní potřebu se nemusí ohlašovat ani registrovat, ale při uvedení do oběhu musí být digestáty ohlášeny nebo registrovány. Digestáty vyrobené s použitím odpadů, kalů, masokostních mouček aj. digestáty určené pro vlastní potřebu se musí registrovat. Platí to i při uvedení digestátu do oběhu.
- Vyhláška č. 474/2000 Sb., [50] o stanovení požadavků na hnojiva (ve znění pozdějších předpisů) mimo jiné stanovuje požadavky na složení organických hnojiv.
- Vyhláška MZe č. 271/2009 Sb. [51]., kterou se mění vyhláška č. 474/2001 Sb. [50]., mj. došlo i k navýšení limitů rizikových prvků v organických a statkových hnojivech se sušinou nejvýše 13 % prvků arsenu z 10 na 20 mg.kg⁻¹ sušiny, mědi ze 100 na 250 mg.kg⁻¹ sušiny, molybdenu z 5 na 20 mg.kg⁻¹ sušiny a zinku ze 400 na 1200 mg.kg⁻¹ sušiny při maximální aplikační dávce 10 tun sušiny na jeden hektar v průběhu tří let.
- Vyhláška č. 341/2008 Sb., [52] o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady hodnotí digestát ve smyslu jeho použití k rekultivačním účelům (mimo zemědělskou půdu). Nebudou-li konkrétní digestáty z anaerobní kofermentace bio odpadů vyhovovat podmínkám certifikačního řízení pro hnojiva, musí s nimi být nakládáno jako s rekultivačními digestáty.

2.3 Jak nakládat s digestátem

2.3.1 Digestát jako hnojivo

Při prozkoumávání a analyzování zemědělské půdy v české republice se přišlo na její zhoršující se stav. Testy probíhaly v rozmezí 10let (1999-2008) a poukázaly na změnu v agrochemických hodnotách. Půda začala ztrácet výživové prvky dusík, draslík, a vápník, docházelo také k okyselování půdy.[57] Problém, který zde nastává, mohlo zapříčinit zvýšení cen minerálních hnojiv a velký pokles chovu zemědělských zvířat. Zrovna zemědělská zvířata produkují organické látky, které jsou ve velké míře využívány na zemědělskou půdu. Bohužel v dnešní době je hnojiva nedostatek a nesplňují ani ideální případ, ve kterém by měl připadat na 1dobytků jednotku 1 ha hospodářské půdy. Skutečnost je ale někde jinde a to na hodnotě 0,3 dobytka na 1ha půdy což má za následek agrochemickou disfunkci půdy. Dle agentury MENDELU se využíváním digestátu jako hnojiva dostávají do půdy nutné makro- i mikroživiny. Otázkou je jak na pokles obsahu uhlikatých látek, neboť převažující díl uhlíku byl právě v procesu AD přeměně na potřebný metan a oxid uhličitý (bioplyn) a to na poloviční i nižší hodnotu. Tím se poměr C:N v digestátu redukuje. Následujícím problémem je, že dusík je v digestátu obsažen ve formě amoniakálního dusíku a při využití nastává problém jeho uvolňování do atmosféry [54,55]. Obsah uhlíku a tím i hnojivý účinek digestátu zle zvýšit přidáním posklizňových zbytků. Digestát je tedy za hypotézy úpravy poměru C:N hnojivem, které může být nápomocné k udržení současné úrovně půdní plodnosti. Pan profesor Stanislav Kužel zveřejnil zprávu o efektivním využití digestátu pro časopis energie 21 je „*Stabilní organická hmota pevné fáze digestátu výborným, pomalu se rozkládajícím prostředkem pro zlehčení půd a úpravu jejich vlastností. Zvýšení provzdušnenosti takových půd může mít větší výnosový efekt, než intenzivní hnojení půdy se špatnými fyzikálními vlastnostmi.*“ [56]

2.3.2 Digestát jako palivo

Digestát který projde procesem AD má už jen bídě rozložitelnou, stabilní organickou hmotu. Výše stability, velikost degradace organické hmoty a tím i zisk bioplynu závisí na teplotě procesu. V BPS s mezofilním systémem vzniká digestát s mnohem horší kvalitou organické hmoty. (Ve starším typu BPS, které využívaly

psychrofilní systém, vznikál z hlediska kvality organické hmoty schopnější digestát. Tyto BPS však převážně zpracovávaly kanalizační kaly.) A teď tato velmi stabilní, špatně rozložitelná hmota může být dále využita pro výrobu energie spalováním. Při vylisování či neúplném vysušení digestátu se odstraní nežádoucí voda. Na druhu materiálu i na obsahu vody závisí výhřevnost materiálu. Dá se říct, že čím více bioplynu při AD vznikne, tj. čím více uhlíku se uvolní ve formě sloučenin metanu a oxidu uhličitého, tím méně uhlíku zbude na proces hoření a tím méně tepla při spalování vznikne. Voda obsažená v digestátu snižuje jeho výhřevnost, protože se materiál musí nejprve vysušit a až teprve potom začne hořet a uvolňovat požadované teplo. [56]

Nejhojnějším způsobem modifikace digestátu jako paliva je výroba pelet, tedy granulí, které jsou vyráběné na potlačovaných matricových lisech pod velkým tlakem, což způsobuje jejich velkou hustotu významnou pro minimalizaci míry paliva na jednotku energetického obsahu.[54] Spalováním digestátu se ale do atmosféry dostávají materiály jako chlór v iontové formě a při spalovacích teplotách od 350 – 700 °C se z nich mohou rozvíjet jedovaté a karcinogenní polychlorované dioxiny a dibenzofurany. Při obsahu draslíku, síry nebo sodíku povstávají spalováním silně korozivní spaliny a teplota tání popelavého prachu se rapidně snižuje. [53]

V odborném článku Termické využití separátu po AD biologicky rozložitelných odpadů, který byl vypracován Ing. Romanem Koutným. Bylo napsáno *“digestát (kal s 25% sušiny) ani separát samotný či v příměsi s biomasou není zrovna ideální palivo a rozhodně není šetrný k životnímu prostředí.”*

3 VYBRANÉ BIOPLYNOVÉ STANICE

3.1 STONAVA

BPS (obrázek č. 11) se nalézá v oblasti Farmy Stonava východně od Ostravy, poblíž česko-polských hranic.[27]

Obr. č. 11 Fermentory BPS Stonava



Zdroj: [31]

Popis

Jedná se o čistě zemědělskou bioplynovou stanici, která pro svůj chod využívá přírodních materiálů a to vepřovou kejdu, kukuřičnou siláž a drcené kukuřičné zrno. Stanice byla zprovozněna na začátku roku 2009 a v této chvíli pracuje se znamenitými výsledky v souvislosti s instalovanou technologií. Po dostavbě a spuštění BPS byl instalovaný výkon kolem 880 kW, což nebylo dostačující k výhřevu stájí pro prasata. Proto v roce 2011 došlo k modernizaci a k navýšení výkonu z 880kW na 1380kW, a to díky postavení nového fermentoru, který se od ostatních liší nejen tvarem (čtvercový půdorys), ale také nejlepšími technologiemi, které se dají koupit na našem trhu. Plány BPS Stonava jsou nadále takové, aby tepelnou i elektrickou energii mohli co v největší míře využívat i lidé z nejbližšího okolí. Hlavním materiálem, kterým se plní BPS, je kukuřičná siláž. Ta byla zvolena pro její dobré výsledky jak v evropských státech, tak i na světě má

potvrzenou funkčnost. Veškerá kukuřice je produkována v okolí na parcelách farmy. Uskladnění siláže je v zrekonstruovaných silážních jamách v bezprostřední blízkosti bioplynové stanice. Sekundárním materiálem je vepřová kejda, která pochází z velkochovu prasat, nacházejícího se nedaleko od BPS. Prostřednictvím soustav jímek a čerpadel je dopravována tzv. kejdovodem do krmné soustavy BPS, čímž je zabezpečeno minimální šíření pachu a čerstvost kejdy, což vytváří ideální podmínky pro fermentaci.[28]

Provozní parametry zařízení

Využitá technologie: polosuchá fermentace, primární fermentor 2 550 m³, sekundární fermentory 3 x 1 600 m³, objem plynojemů 2 200 m³, 1 x kogenerační jednotka TEDOM Quanto 580, 1 x kogenerační jednotka GE Jenbacher

Celkový instalovaný tepelný výkon (v kW): 1 350

Celkový instalovaný elektrický výkon (v kW): 1 381

Zdroj bioplynu: vepřová kejda, kukuřičná siláž, senáž,

Roční produkce bioplynu: cca 2200 tis. m³

V provozu od roku: 01/2009[27]

3.2 VELKÉ ALBRECHTICE 305+306

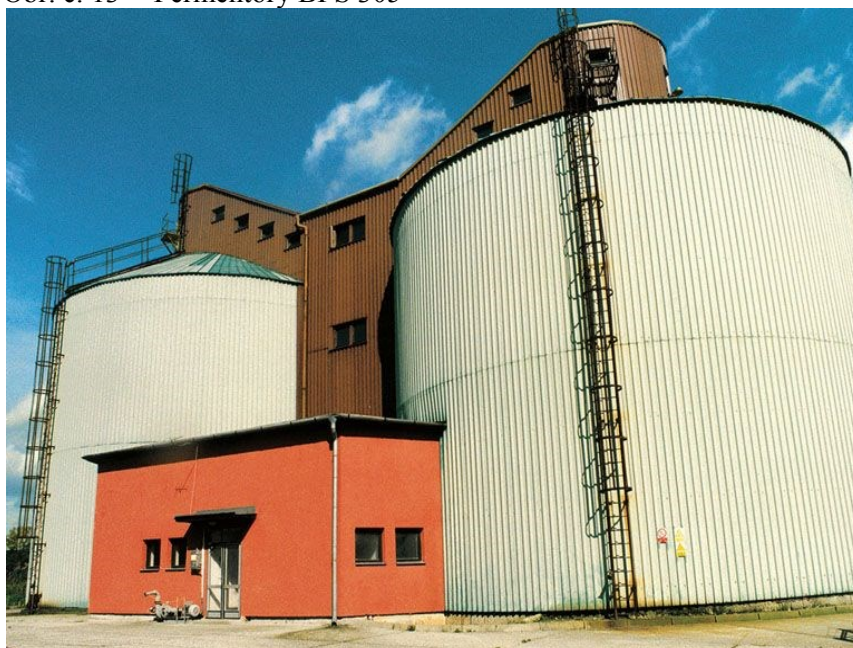
Společnost SUGAL spol. s r.o. a KA-Contracting provozují dvě BPS. První BPS je umístěna u farmy prasat ve Velkých Albrechticích - výkrmna prasat s číslem popisným 306 (dále jen „BPS 306“, viz obrázek. č. 12). Druhá BPS se nachází také ve Velkých Albrechticích – plemenná farma číslo popisné 305. (dále jen „BPS 305“, viz obr. č. 13)

Obr. č. 12 Fermentory BPS 306



Zdroj: [29]

Obr. č. 13 Fermentory BPS 305



Zdroj: [29]

3.2.1 BPS 306

Nachází se opodál města Bílovec, na pozemku obce Velké Albrechtice, v bezprostředním sousedství zemědělské farmy s výkrmnou vepřů. Je v provozu od r. 1995. Tato BPS je zřízena za účelem využití kapalných i pevných BRO, pro výrobu bioplynu a digestátu. Zařízení využívá mezofilní technologii. Denní vsázka vstupních substrátů činí cca 120 t s průměrným obsahem sušiny 12 %. [32]

Vstupní suroviny

- a) prasečí kejda z prvovýroby fy SUGAL spol. s r.o. a slamnatý hnůj (v případě nedostatku hnoje je možno jej nahradit čerstvou travní hmotou; zbytky krmiv, senáže a siláže; řepnými řízky (v souladu se Zákonem č. 91/96 Sb., o krmivech), BRO z údržby městské zeleně, obsahy jímek oplachových vod z prvovýroby SUGAL spol. s r.o., recyklát)
- b) drůbeží podestýlka z prvovýroby fy BROJLER s.r.o., Velké Albrechtice (podestýlka je evidována jako odpad, dle Zákona č. 156/98 Sb., o hnojivech.
- c) biologicky a anaerobně rozložitelné materiály – odpady kategorie „O“ (ostatní odpad)
 - kaly z praní a čištění
 - odpad rostlinných pletiv
 - zvířecí trus, moč a hnůj (vč. znečištěné slámy)
 - kaly z praní, čištění, loupání, odstředování a separace
 - suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (zpracování olejnin)
 - suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (mléčné výr.)
 - suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (mouka, pečivo)
 - odpady z praní, čištění a mechanického zpracování surovin
 - odpady z destilace lihovin
 - suroviny nevhodné ke spotřebě nebo zpracování (lihovary, nealko)
 - kaly z biologického čištění průmyslových odpadních vod
 - biologicky rozložitelný odpad z kuchyní a stravoven
 - BRO (odpady z údržby městské zeleně, odpady z údržby zeleně od obyvatel) [32]

Proces anaerobní digesce na této bioplynové stanici probíhá ve dvou fermentorech o celkovém objemu 5 000m³ v mezofilním programu při maximálních teplotách do 41°C. Fermentory jsou zapojeny paralelně a jsou naplňovány střídavě ve čtyřhodinovém cyklu. Celková doba zdržení je 33 dnů, přičemž tato doba je upravována v závislosti na podílu organických látek v sušině. Při denní dávce 120 m³ činí doba zdržení 41 dnů. Pro výrobu elektřiny a tepla je instalováno 6 kogeneračních jednotek, kde dochází ke spalování bioplynu.

Digestát vyrobený fermentací vstupních substrátů je skladován v otevřených zemních železobetonových jímkách s celkovou kapacitou 7 600 m³, v jedné zemní otevřené laguně, s betonovým dnem, stěnami z betonových dlaždic, s kapacitou 5 000 m³ a v nadzemních otevřených věžích mimo areál zařízení s celkovou kapacitou 1 800 m³. Celková kapacita všech skladů je 14 400 m³. Tato kapacita umožňuje skladovat digestát po dobu minimálně 120 dnů, činí-li nátok do fermentorů 120 m³. Při nižším nátku v zimním období je doba uskladnění ještě delší. [32]

3.2.2 BPS 305

Je schopna přetvářet i odpady, vyžadující hygienizaci.

- odpady z výroby a zpracování masa, ryb a jiných potravin živočišného původu
- živočišné tkáně
- suroviny nevhodné ke spotřebě
- odpady z výroby a ze zpracování ovoce, zeleniny, obilovin, jedlých olejů, kakaa, kávy a tabáku
- směs tuků a olejů
- odpady z čistíren odpadních vod jinde neuvedené
- směs tuků a olejů z odlučovačů
- složky z odděleného sběru KO
- BRO z kuchyní a stravoven
- jedlý tuk a olej

Roční objemy vstupních surovin

Kejda prasat, obsahy jímek 14 600 t 6 % sušiny

Fytomasa, obiloviny, suroviny ze zemědělské výroby 3 000 t 80 % sušiny

Cukrovarnické řízky 9 000 t 22 % sušiny

BRO živočišného původu a VŽP 1 500 t 12 % sušiny

BRO rostlinného původu 16 500 t 30 % sušiny

Kaly z fy Biocel Paskov a.s. 14 600 t 25 % sušiny

Kaly z rostlinných pletiv fy Teva Czech Industries s.r.o. 3 700 t 25 % sušiny [33]

Pro výše uvedené odpady je využívána hygienizační jednotka o objemu 4 m³, která je vybavena míchacím zařízením a předřazeným drtičem. Vstupní materiál se nejdříve naředí vyhnílym kalem na čerpatelnou konzistenci. Poté proběhne homogenizace cirkulací materiálu ve vyrovnávací nádrži na částičky menší než 10 mm. Nadrcená homogenizovaná hmota je přečerpána do homogenizačního tanku, kde se ohřeje na teplotu 70°C (během cca 2 hod.) a 60 minut zde setrvá pro účely pasterizace. Po ukončení procesu je substrát přečerpán do homogenizační jímky příjmu surovin, nevyžadujících hygienizaci. Cyklus bez homogenizace trvá cca 4 hodiny. Maximální denní množství činí 10 t materiálu.

BPS 305 se skládá ze dvou fermentorů – první má objem 5 000 m³ s integrovaným plynojemem o objemu 1 200 m³, druhý 3 000 m³ s plynojemem 1 000 m³. BPS 305 pracuje v mezofilním režimu. Bioplyn je jímán i z dohňovací nádrže o objemu 5 000 m³. [33]

Provozní parametry zařízení

Využitá technologie: mokrá fermentace, každá BPS má 2 x fermentor (2500 m³) a 2 x dofermentor (5000 m³) s plynojemem (1500 m³); 12 x kogenerační jednotka TEDOM Cento 150 BIO

Celkový instalovaný tepelný výkon (v kW) : 2 400

Celkový instalovaný elektrický výkon (v kW): 1 800

Zdroj bioplynu: kejda prasat, slamnatý hnůj, cukrovarnické řízky a siláž

V provozu od roku: 2006 a 2008 [58]

3.3 BPS PUSTĚJOV

BPS obrázek č. 14 Pustějov leží jihozápadně od Ostravy nedaleko Studénky v areálu Zemspol Studénka, a.s.

Obr. č. 14 Fermentory BPS Pustějov



Zdroj: [30]

Popis

Jedná se o BPS, jež konstrukčně vytvořila společnost VÍTKOVICE POWER ENGINEERING a. s. Provozovatelem BPS je farma ZEMSPOL STUDÉNKA a. s. Princip BPS v Pustějově je založený na mokré fermentaci a dvoustupňovém anaerobním kvašení. Veškerý bioplyn je rozvody posílán do kogeneračních jednotek, kde dochází k přeměně na elektrickou a tepelnou energii. Energie, která se vytvoří v této BPS je využívána ve veřejné síti a na ohřev fermentorů. Produkty, které vstupují a plní fermentory, jsou odpadní materiály a suroviny zemědělského typu. Prvkem BPS je systém hygienizace na zpracování a úpravu kuchyňských odpadů a jiného biologicky rozložitelného materiálu, zpracování odpadních materiálů a surovin zemědělské výroby, rostlinné hmoty, masokostní moučky a odpadů z výroby buničiny.[38]

Provozní parametry zařízení

Využitá technologie: 2 x fermentor - celkový objem 4200 m³; 2 x kogenerační jednotka Cento T160 SP, 2 x kogenerační jednotka Cento T170 SP BIO KON

Celkový instalovaný tepelný výkon (v kW):1758

Celkový instalovaný elektrický výkon (v kW):1680

Zdroj bioplynu: hovězí kejda, kukuřičná a travní siláž, řepné řízky, masokostní moučka

V provozu od roku:11/2007

Roční produkce el. energie je cca 4700 MWh.

3.4 BPS TŘEŠTINA

BPS obrázek č. 15 se nachází na jižním okraji obce Třeština u města Mohelnice, v bývalém areálu živočišné výroby (Olomoucký kraj).[34]

Obr. č. 15 Fermentory BPS Třeština



Zdroj: [34]

Popis

Bioplynová stanice Třeština je další vybraná čistě zemědělská BPS. Do provozu byla uvedena v roce 2009. Je umístěna v bývalé oblasti, kde se nacházely velké vepřiny. Veškeré instalované technologie jsou dimenzovány na zatížení 6000 t / rok prasečí kejdy a 18000 t/rok kukuřičné siláže. Veškeré nádrže, včetně skladování na fermentát(digestát), jsou zhotoveny z betonových prefabrikovaných panelů. Stavební a technologická část je od společnosti EnviTec která mimo jiné drží přední příčky ve stavbách BPS. S instalovaným elektrickým výkonem 999 kW se řadí do skupin silnějších BPS. Elementem dodávky byla také vstupní nádrž na kejdu o objemu 300 m³, fermentor o objemu 5200 m³ a zastřešená skladovací nádrž o objemu 9500 m³. Ostatní budovná část (kogenerační jednotky, trafostanice, předúprava, velín, dávkovače vstupních materiálů) je situována do stáje, která byla pomocí vhodných stavebních úprav přetvořena k tomuto využití. [35]

Provozní parametry zařízení

Využitá technologie: mokrá fermentace, 1 x fermentor (5120 m³), 1 x kogenerační jednotka

Celkový instalovaný tepelný výkon (v kW): 1 297

Celkový instalovaný elektrický výkon (v kW): 999

Zdroj bioplynu: kukuřičná siláž, kejda, obilný šrot

V provozu od roku: 03/2009 [34]

3.5 BPS NOŠOVICE

Průmyslová BPS obrázek č. 16 se nachází východně od Ostravy v areálu pivovaru Radegast v Nošovicích.

Obr. č. 16 Kvasné tanky BPS Nošovice



Zdroj: [37]

Popis

Jedná se o čistě průmyslovou BPS. Kolem roku 2008 se nošovický koncern Radegast ze skupiny Plzeňského Prazdroje rozhodl významně redukovat spotřebu zemního plynu, který až do té doby sloužil větší měrou k zajištění tepelné energie. Využívají se proto pivovarské fermentory (tanky) ve kterých dochází ke kvašení. Odpadní voda, která se odvádí s tanků a z výroby piva se musí čistit a díky jim a lepšímu zužitkování ekologického paliva se zprovoznily nové systémy na spalování bioplynu v kotelně. Za půlroční funkce nových systémů zužitkovala kotelná o 130 000 m³ paliva bioplynu více než v předcházejících letech. Využití bioplynu získaného na takzvané předčistírně odpadních vod se tím zvýšilo o 20 procent. Pivovary skupiny Plzeňského Prazdroje ročně vyprodukují 3,375 mil. m³ odpadních vod. Z této vody se vytvoří energeticky využitelný bioplyn.[36]

Obsah fermentačních tanků

Ze semen ječmene se vytvoří mlad, který se ponechává v tanku. Uvnitř probíhá anaerobní digesce ve formě kvašení. Děj vykonávají kulturní pivovarské kvasinky, které si například v nošovickém pivovaru kultivují sami v laboratoři. Na 100 l mladiny se dávkuje 0,5 l pivovarských kvasnic.[36]

4 PRAKTICKÁ ČÁST

4.1 Odběr vzorků digestátu

Vzorky pro praktickou část byly odebírány z výstupního ventilu na vybraných BPS. Odběry jsem naplánoval s vedoucí práce na interval dvou měsíců (září 2012, listopad 2012, leden 2013, březen 2013). V daném měsíci se z každé vybrané BPS odebraly 2 litry vzorku k dalšímu zpracování, které probíhalo v laboratoři, kde došlo k rozdělení digestátu na dvě složky fugát a separát. Výjimku tvořil vzorek odebraný v Nošovicích, kde výstupem z BPS byla pouze odpadní voda. Digestát, fugát a separát byly odváženy k chemickému rozboru do externí firmy.

4.2 Laboratorní předúprava

Předúprava probíhala v laboratořích školy. Jednalo se o rozdělení digestátu na jeho dvě fáze fugát a separát. Digestát se převedl do plastových kyvet obrázek č. 17 o objemu 50ml.

Obr. č. 17 Kyveta



Zdroj: Autor

K následnému vytvoření fází byla využívána odstředivka (centrifuga) IEC CL10 obrázek č. 18.

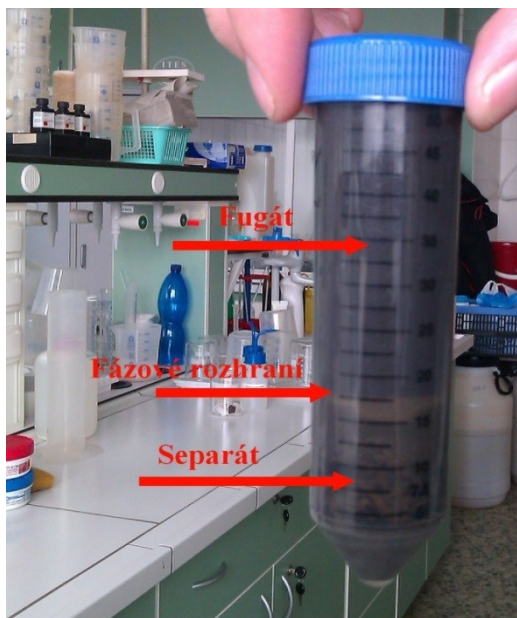
Obr. č. 18 Odstředivka IEC CL10



Zdroj: Autor

Odstředivací proces probíhal při maximálních otáčkách 4000ot/min po dobu 10minut. Následoval proces oddělení dvou fází. Tekutá část se přelila do vzorkovnice s označením fugát a tuhá část se pomocí lžičky převedla do další vzorkovnice označené separát.

Obr. č. 19 Fázové rozhraní fugát separát



Zdroj: Petra Vidlářová; upraveno autorem

4.3 Analýza vzorků

Veškeré rozborby byly prováděny v akreditované laboratoři M O R A V A s. r. o. Ve vzorcích digestátu, fugátu a separátu byly stanoveny následující ukazatele: dle platných norem, které jsou uvedeny v protokolu u jednotlivých ukazatelů (Celkový fosfor, amoniakální dusík, CHSKCr, BSK₅)

4.3.1 Stanovení sušiny dle ČSN EN 12879

Metoda je vhodná pro stanovení sušiny gravimetricky v odpadech, půdách, kalech, sedimentech a hnojivech. Sušina - jsou látky, které zůstanou za určených podmínek ve zkušebním vzorku do sucha odpařeném a vysušeném při 105 °C.[41]

Princip metody

Naváží se vzorek do hliníkové váženky a suší se do konstantní hmotnosti (při teplotě 105 °C). Gravimetricky se stanoví zůstatek po sušení v procentech. [41]

4.3.2 Stanovení celkového fosforu dle JPP ÚKZÚZ

Nejprve se provede úprava vzorku mineralizací směsí kyseliny sírové a peroxidu vodíku. Připraví se mineralizát. [42]

Princip metody

Fosforečnany poskytují v kyselém prostředí v přítomnosti vanadičnanu a molybdenanu žlutě zbarvený komplex. Intenzita zabarvení se měří při vlnové délce procházejícího světla 430 nm na spektrofotometru.[42]

4.3.3 Stanovení amoniakálního dusíku dle JPP ÚKZÚZ

Nejprve se provede příprava a extrakce vzorků pro stanovení anorganických forem dusíku. Postup je vhodný pro stanovení anorganických forem dusíku ve všech typech půd, kalů a příbuzných materiálech (sedimenty, organická hnojiva, biologicky rozložitelné odpady) - dále jen pevné vzorky. Extrakční postupy je možné použít na čerstvé i vysušené pevné vzorky. Amoniakální dusík je z pevných vzorků extrahován roztokem neutrální soli.

Po filtraci nebo odstředění se extrakt použije na stanovení jednotlivých anorganických forem dusíku. Analýza je prováděna z původního vzorku (bez sušení), z dalšího podílu je stanovena sušina. Vzorek se připraví pečlivým promícháním a rozmělněním na částice menší než 5 mm. [43]

Princip metody

Ze vzorku extraktu připraveného podle postupu uvedeného výše zalkalizovaného oxidem hořečnatým se destilací s vodní parou vydestiluje amoniak a jímá se v předloze v roztoku kyseliny sírové. Amonné ionty vytváří s Nesslerovým činidlem žlutohnědé zbarvení, jehož intenzita je úměrná množství amonných iontů v roztoku.[43]

4.3.4 Stanovení CHSK_{Cr} dle ČSN ISO 6060

Přímé stanovení chemické spotřeby kyslíku semimikro metodou (základní modifikace). Metoda se používá pro stanovení CHSK_{Cr} v povrchových, podzemních a odpadních vodách a ve vodných výluzích odpadů v koncentraci nad 250 mg.l⁻¹. Pracovní rozsah je 250 – 1000 mg.l⁻¹ CHSK. Vzorky s vyšším obsahem CHSK se ředí demineralizovanou vodou.[44]

Princip metody

Podstatou zkoušky je oxidace zkoušeného objemu vzorku po dobu 2 hodin při teplotě 148 ± 2 °C známým roztokem dichromanu draselného o známé koncentraci v koncentrované kyselině sírové za přítomnosti síranu rtuťnatého, který omezuje rušivý vliv chloridů a síranu stříbrného jako katalyzátoru. Oxidovatelné látky, přítomné ve vzorku, současně redukují část dichromanových iontů na ionty chromité. Zbytek dichromanu se stanoví spektrofotometricky při vlnové délce 585 nm. [44]

4.3.5 Stanovení BSK₅ dle ČSN EN 1899-1

Všeobecně, rozsah použití

Stanovení biochemické spotřeby kyslíku zřed'ovací metodou. Metoda je vhodná pro stanovení biochemické spotřeby kyslíku v odpadních, podzemních a povrchových vodách a ve vodných výluzích odpadů s hodnotou BSK₅ od 3 mg.l⁻¹. [45]

Princip metody

Vzorek zkoušené vody se ředí různými objemy zřed'ovací vody s dostatečnou koncentrací rozpuštěného kyslíku. Inkubuje se ve tmě při 20°C po dobu 5 dnů ve zcela naplněné a uzavřené lahvičce. Rozpuštěný kyslík se stanoví před a po inkubaci. Vypočte se hmotnost kyslíku spotřebovaná 1 litrem vody za 5 dnů. [45]

4.4 Výsledky rozborů

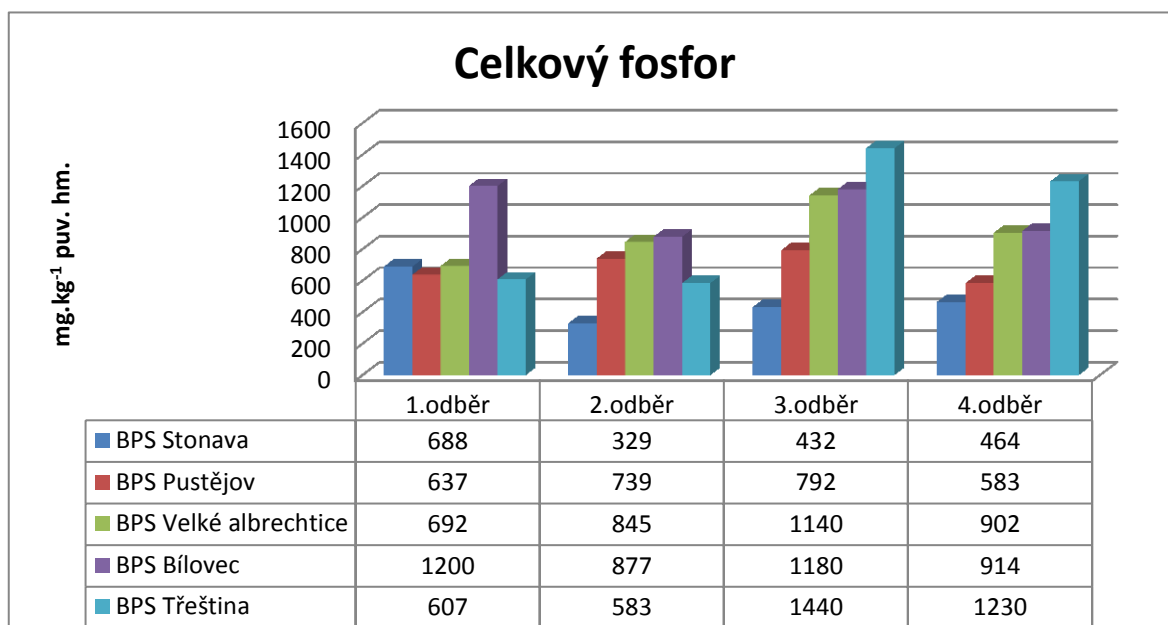
Po zpracování výsledných protokolů z vybraných BPS jsem naměřené hodnoty pro jednotlivé stanovení zpracoval do tabulek, které jsou uvedeny v přílohách č. 1-5. V praktické části jsem se zaměřil na srovnání výsledných hodnot v digestátu, fugátu i separátu za sledované období. Jako první jsem provedl srovnání digestátu ze všech BPS. Další srovnání jsem provedl na fugátu a separátu a to u každé BPS zvlášť. Pro názornější ukázkou jsem hodnoty z tabulek převedl do sloupcových grafů, kde jsem na osu x vynesl data odběrů vzorků a na osu y jsem vynesl naměřené hodnoty v mg.kg⁻¹pův. hmoty. Výsledky jsou znázorněny vždy ve 4 grafech (celkový fosfor, amoniakální dusík, CHSK_{Cr}, BSK₅).

Výsledné hodnoty stanovení CHSK_{Cr} a BSK₅ v digestátu a separátu nejsou v tomto případě zcela objektivní, protože tato metoda je použitelná jen pro vody. Vzorky musely být předem řádně rozmixovány, homogenizovány a převedeny do roztoku, který byl dále zpracován podle postupu v dané normě. Nicméně pro orientaci v dané problematice dostačující.

BSK je množství kyslíku spotřebované mikroorganismy při biochemické oxidaci za aerobních podmínek. Postihuje tedy pouze znečištění biologicky rozložitelnými látkami. Látky vůči biochemickému rozkladu rezistentní oxidaci nepodlehnu, a tedy se na ně žádný kyslík nespotřebuje. Pro orientační stanovení biologické rozložitelnosti znečišťujících organických látek ve vodě je vhodné hodnotu BSK_5 srovnat s CHSK, tedy s chemickou spotřebou kyslíku, při které oxidaci podléhají i látky biochemicky nerozložitelné. U dobře rozložitelných látek bývá poměr $BSK_5:CHSK > 0,5$. Poměr $BSK_5:CHSK > 0,3$ poukazuje na zvýšenou přítomnost biologicky obtížně rozložitelných organických látek. [59]

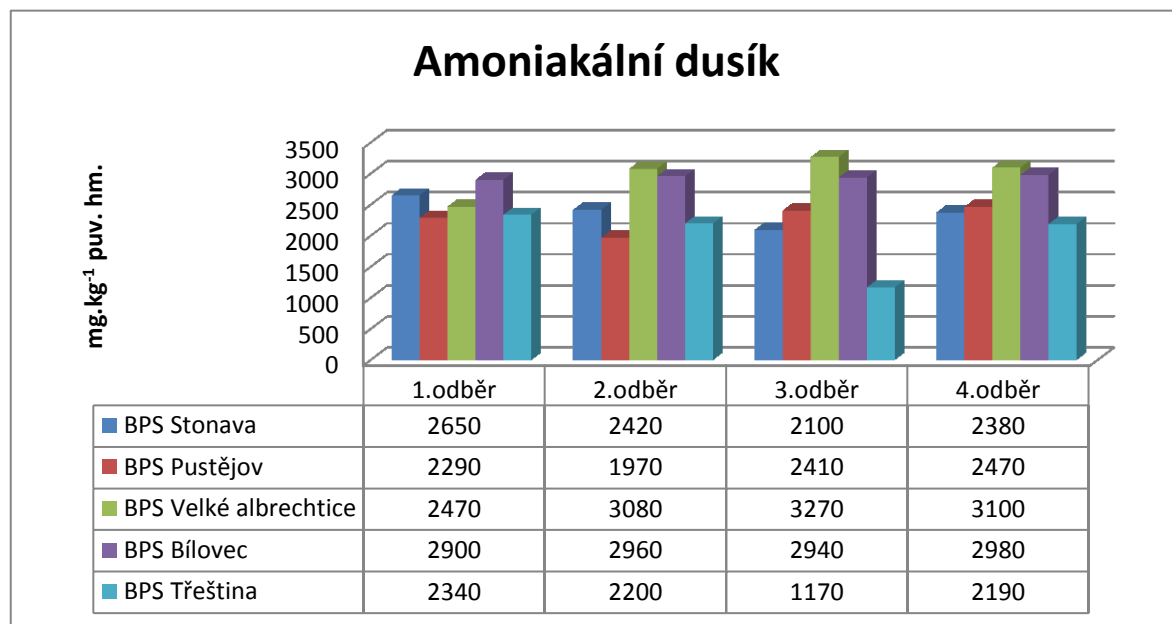
4.4.1 Srovnání digestátu z BPS

Graf č. 1 - Obsah celkového fosforu v digestátu

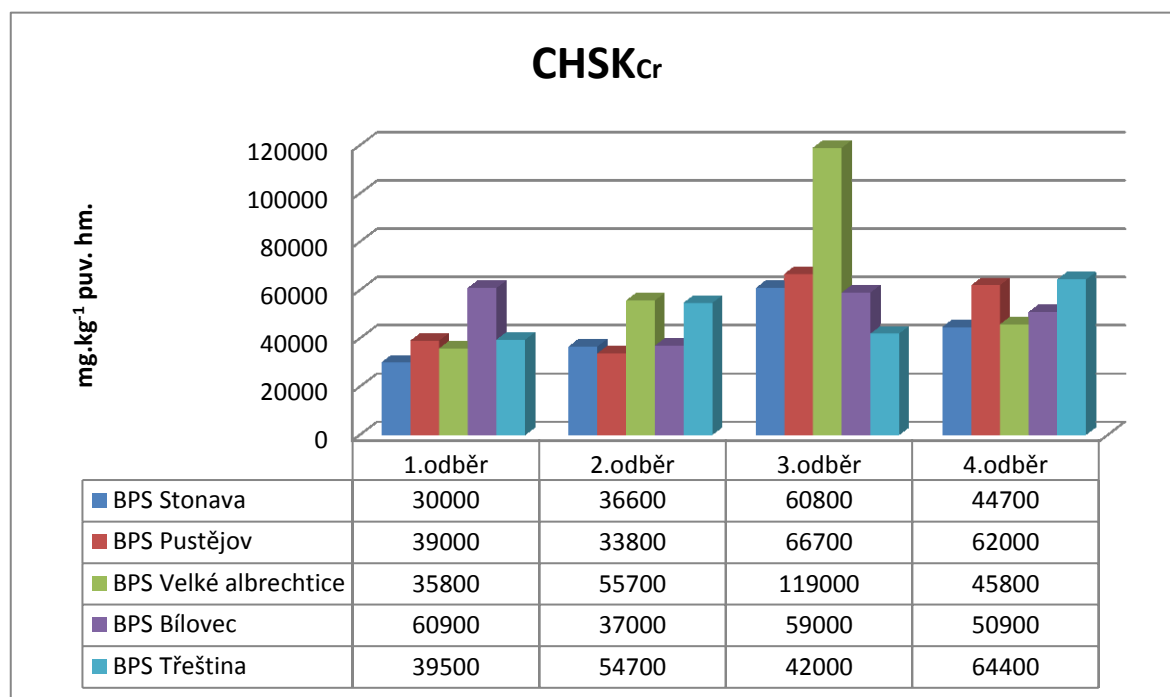


Graf znázorňuje obsah fosforu v digestátu ve sledovaných BPS. Je patrné, že nejvyšší obsah fosforu se nachází v BPS Velké Albrechtice a Bílovec. Výše naměřených hodnot je srovnatelná z důvodu zpracování stejného vstupního materiálu (krev, zbytky z kafilérií), který je odlišný od ostatních zemědělských BPS. U BPS Třeština, která je zemědělskou bioplynovou stanicí, muselo u vstupních surovin dojít ke změně poměru (sloupec 3 a 4 - ve smyslu pravděpodobně zvýšeného přísunu kejdy oproti siláži), což může mít za následek vysokou koncentraci celkového fosforu.

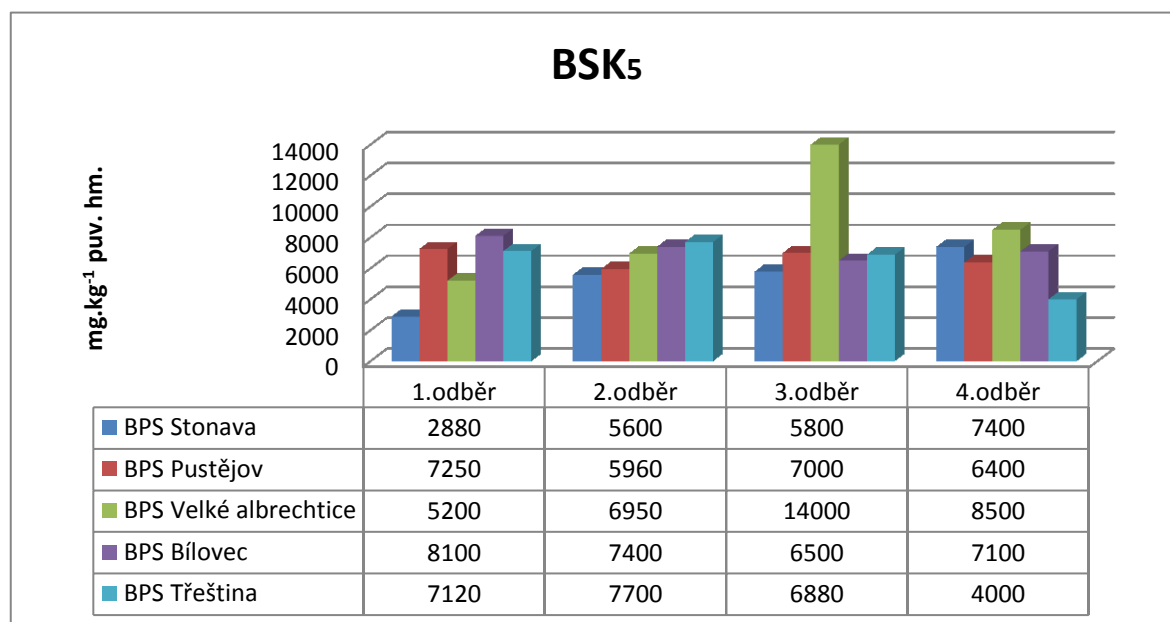
Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku v digestátu



Graf znázorňuje obsah amoniakálního dusíku v digestátu ve sledovaných BPS. Obsah dusíku v BPS dosahuje téměř stejných hodnot. BPS Velké Albrechtice a Bílovec mají hodnoty nepatrně vyšší. Z největší pravděpodobností proto, že do BPS vkládají odlišné materiály než ostatní BPS.

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} v digestátu

Zde je názorně vidět že hodnoty CHSK_{Cr} jsou velice nesymetrické z důvodu, že tato metoda je použitelná pouze pro různé druhy vod, nikoliv pro odpady jako je např. digestát. Nicméně pro naše srovnání dostačující.

Graf č. 4 - Obsah BSK₅ v digestátu

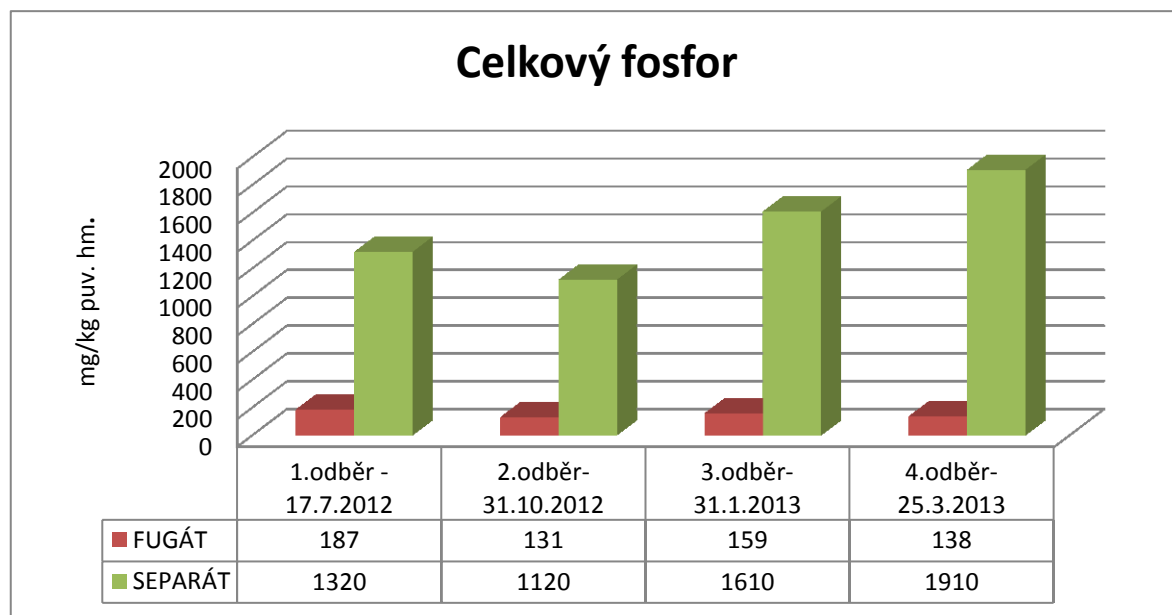
Hodnoty BSK₅ se odvíjejí od hodnot CHSK_{Cr} a jsou 5-6x nižší než hodnoty CHSK_{Cr}.

4.4.2 Srovnání fugátu a separátu

BPS Stonava

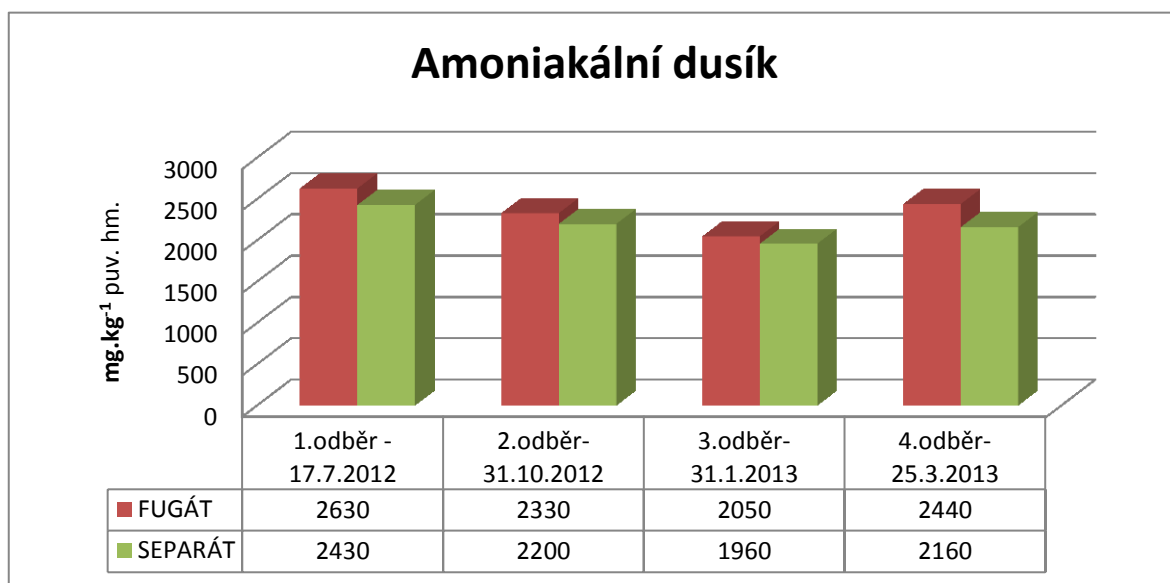
Odstředěním 50ml vzorku digestátu bylo získáno cca. 17 ml separátu (v rýpatelném stavu) a cca. 33ml tekutého fugátu.

Graf č. 1 - Obsah celkového fosforu ve fugátu a separátu

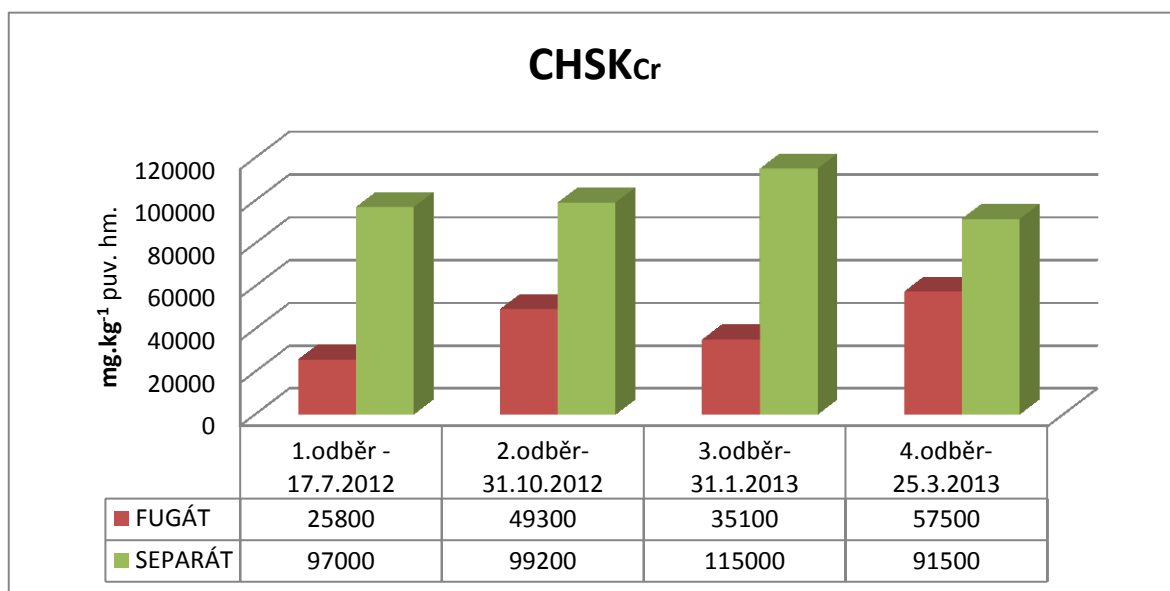


Na první pohled výrazně vyšší koncentrace fosforu je v separátu, tj. v tuhé fázi po odstředění digestátu a to ve všech sledovaných vzorcích odebraných v jednotlivých časech. Vzhledem ke skutečnosti, že separát je přímo využitelný k hnojení, je přítomnost fosforu v separátu příznivým aspektem. Obsah fosforu se pohybuje do 2000 mg.kg⁻¹.

Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku ve fugátu a separátu

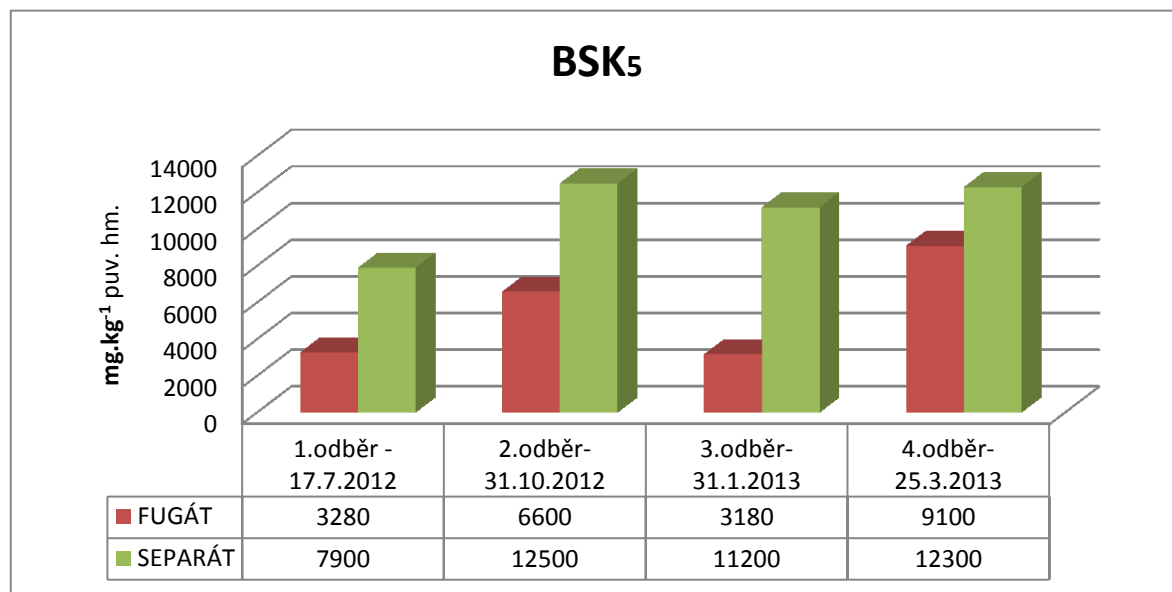


Z grafického vyobrazení je zjevné, že amoniakální dusík je velmi dobře rozpustný a jeho obsah v fugátu a separátu je téměř srovnatelný. Hodnoty se pohybují od 2000 – 2400 mg.kg^{-1} . Pro zemědělskou činnost je to pozitivní aspekt. (Amoniakální dusík je pro agrochemii velice důležitý).

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} ve fugátu a separátu

CHSK_{Cr} je měřítkem množství kyslíku z dichromanu draselného o známé koncentraci, které reaguje s oxidovatelnými látkami obsaženými v 1 litru zkoušeného vzorku. Z grafu je patrné, že nejvyšší obsah CHSK_{Cr} byl naměřen v tuhé části (separátu). A to v hodnotách okolo 100 000 mg.kg^{-1} .

Graf č. 4- Obsah BSK₅ ve fugátu a separátu

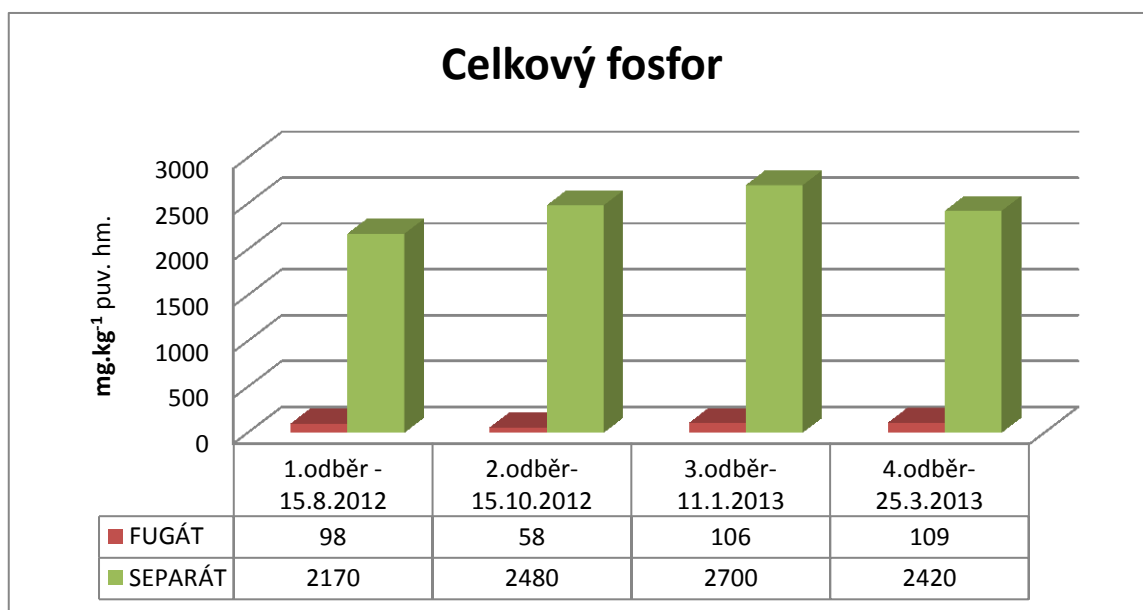


Biochemická spotřeba kyslíku (BSK₅) je hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku spotřebovaného za stanovených podmínek v oxickém prostředí biochemickou oxidací organických látek ve vodě za 5 dní. Hodnoty BSK₅ jsou cca 10 krát menší než hodnoty CHSK_{Cr}.

BPS Velké Albrechtice

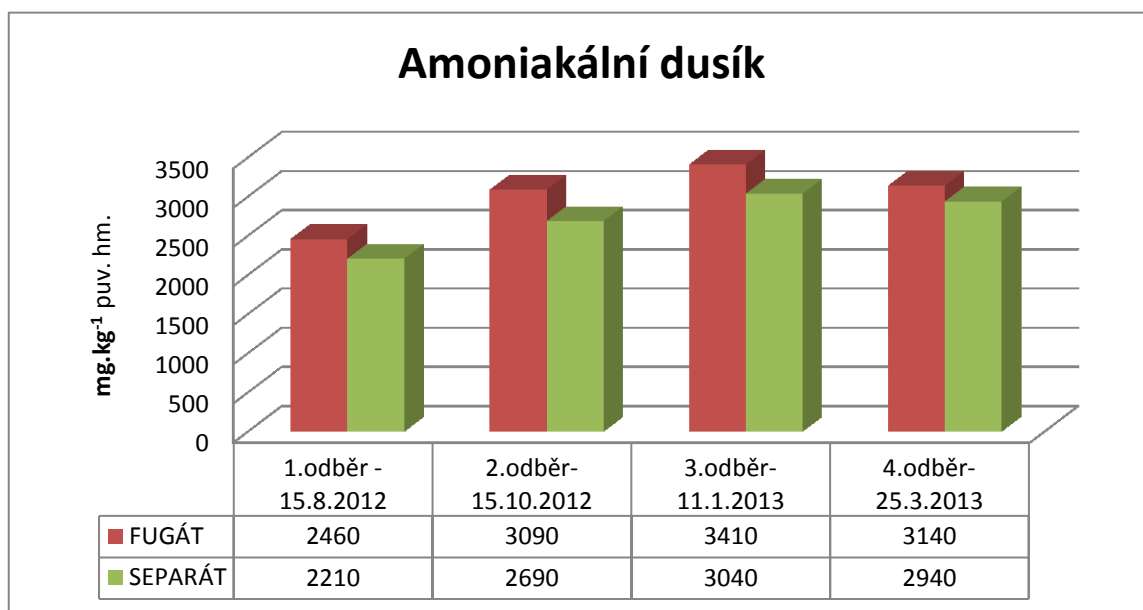
Odstředěním 50ml vzorku digestátu bylo získáno cca. 12 ml separátu (v rýpatelném stavu) a cca. 38ml tekutého fugátu. U této BPS byl menší podíl objemu separátu než u BPS Stonava a to z důvodu, že BPS Velké Albrechtice používá jako vstupní materiál odlišné suroviny (zvířecí trus, kaly z praní, čištění, loupaní, odstřeďování, odpady po výrobě mléka, pšenice atd.).

Graf č. 1- Obsah celkového fosforu ve fugátu a separátu

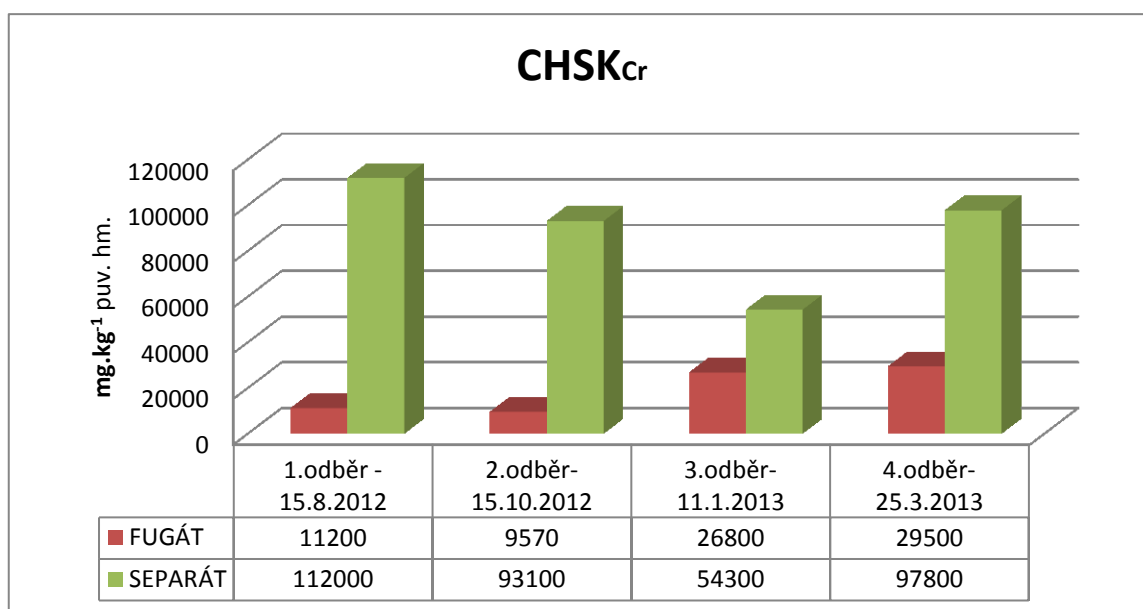


Z grafu další BPS lze na první pohled vidět, že obsah fosforu je opět vyšší v separátu a hodnoty se pohybují od 2100 –2700 mg.kg⁻¹, zatímco ve fugátu je obsah fosforu zanedbatelný. Hodnoty fosforu jsou v této BPS nejvyšší, což je z největší pravděpodobností způsobeno odlišným vstupním materiálem (BRO atd.).

Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku ve fugátu a separátu



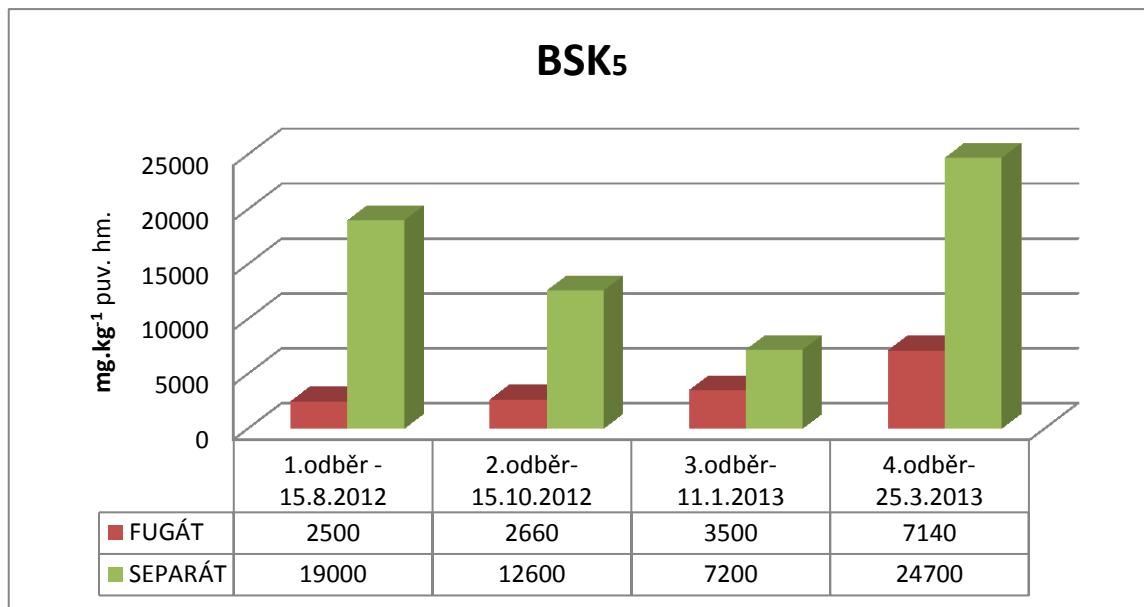
Opět srovnatelné hodnoty amoniakálního dusíku, ale už o poznání s vyšším obsahem 2200 – 3000 mg.kg⁻¹ než v první BPS Stonava. Vyšší obsah amoniakálního dusíku se zde přisuzuje jiným vstupním materiálům. Pokud pohlédneme na fugát jako na odpadní vodu kterou budeme chtít čistit tak hodnoty dosahují extrémních hodnot (klasické odpadní vody na přítoku mají hodnoty do 35 mg.l⁻¹)

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} ve fugátu a separátu

Je zde patrné, že hodnoty CHSK_{Cr} jsou zde menší než u BPS Stonava. Velkým podílem této odlišnosti je fakt, že BPS Velké Albrechtice využívá jiných vstupních

materiálů, a proto jsou hodnoty odlišné. Hodnoty se liší v řádech tisíců. U třetího odběru jsou hodnoty CHSK poloviční.

Graf č. 4 - Obsah BSK₅ ve fugátu a separátu

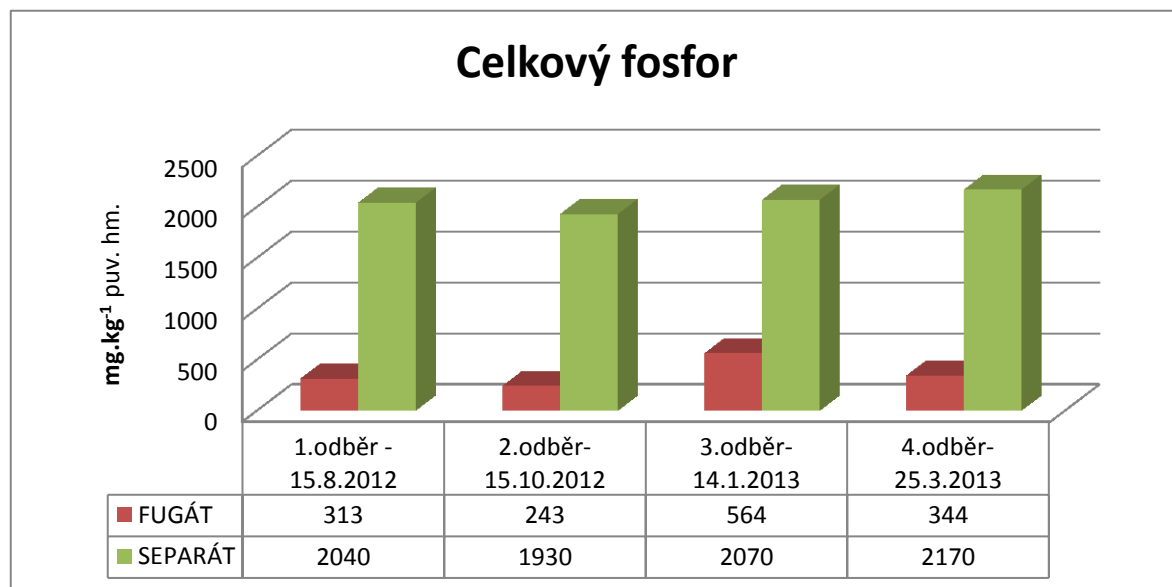


Hodnoty BSK₅ jsou zpravidla několikrát menší než hodnoty CHSK_{Cr}. V tomto případě jsou hodnoty 6-7 menší. Lze i vizuálně vidět podobný průběh jako u CHSK_{Cr}, ale s menšími hodnotami. Organické látky přítomné v digestátu jsou ty, které nebyly rozloženy v procesu fermentace. Z toho lze usoudit na přítomnost těžko rozložitelných organických látek.

BPS Bílovec

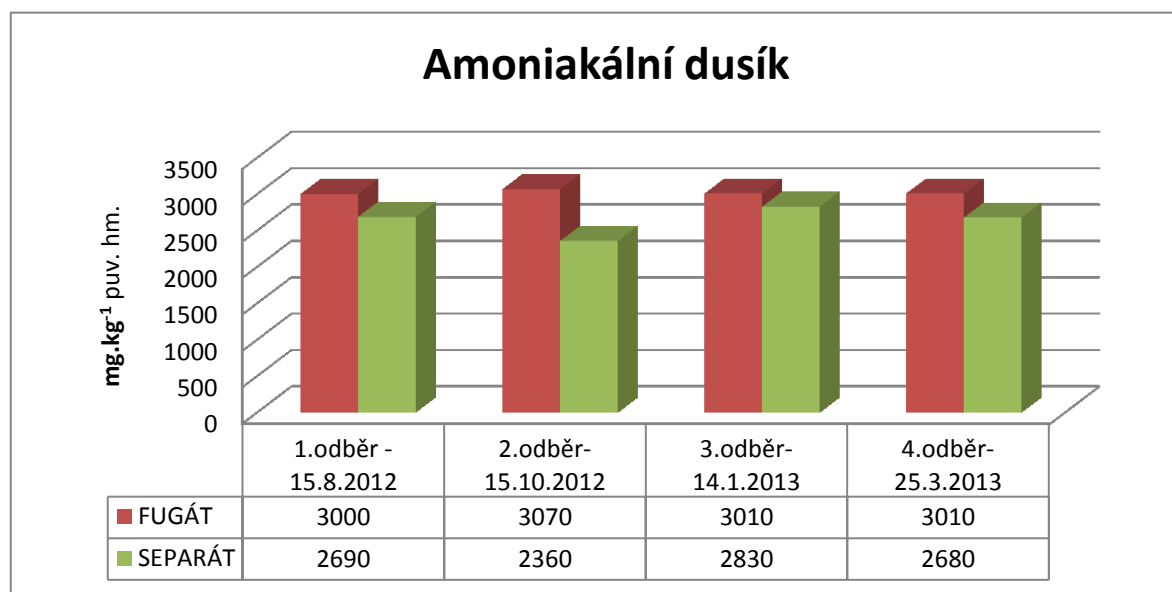
Odstředěním 50ml vzorku digestátu bylo získáno cca. 11 ml separátu (v rýpatelném stavu) a cca. 39ml tekutého fugátu. I tato BPS je zaměřena na zpracovávání odlišných materiálů, než jsou klasické plnicí suroviny běžných zemědělských BPS. Jsou to materiály procházející úpravou (hygienizací), jako např. tuky, oleje, tkáně atd.

Graf č. 1 - Obsah celkového fosforu ve fugátu a separátu



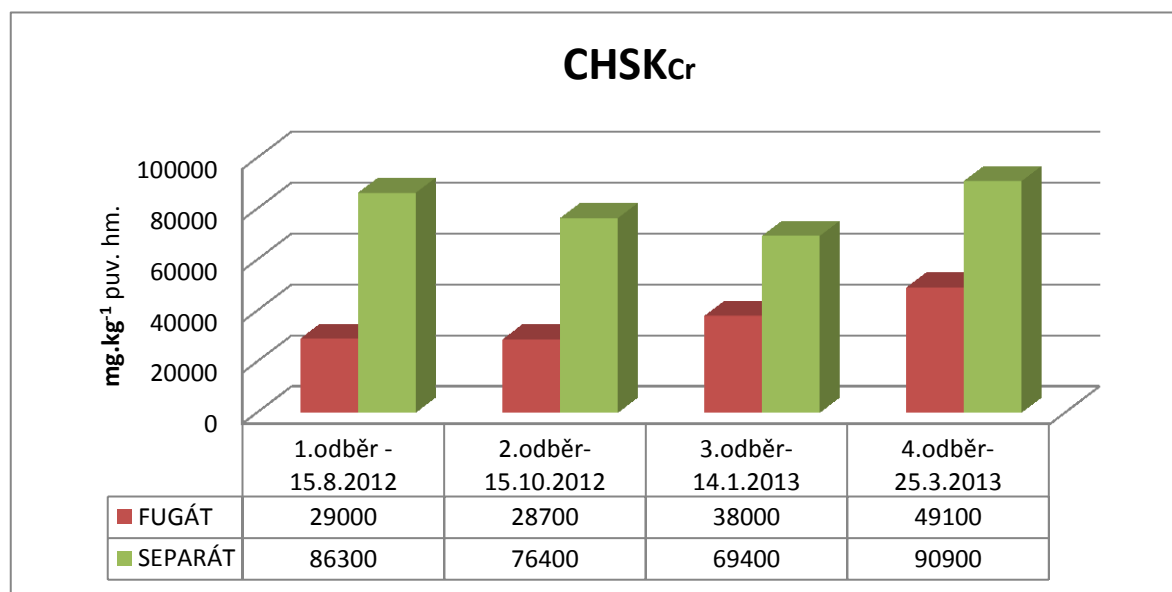
Na tomto grafu je jasně vidět, že obsah fosforu z jednotlivých odběrů je nejvyšší v separátu a pohybuje se okolo 2000 mg.kg⁻¹. Hodnoty jsou podobné jako u BPS Velké Albrechtice, jen trochu nižší.

Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku ve fugátu a separátu



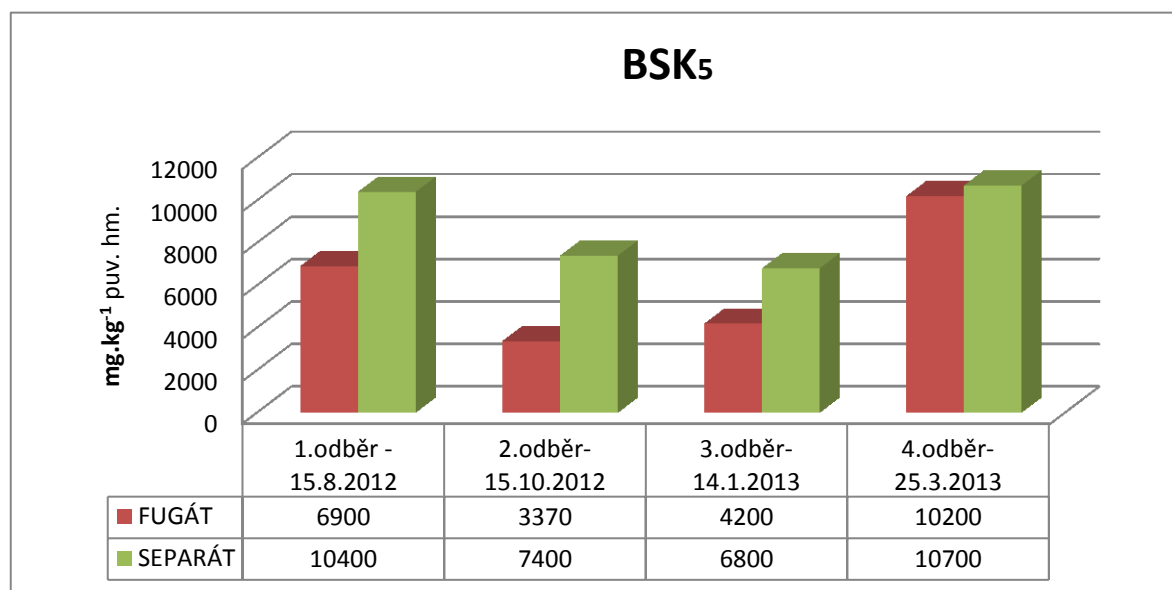
Další graf, ze kterého je na první pohled patrné, že amoniakální dusík je svým obsahem srovnatelný v fugátu i separátu. Hodnoty vyšší okolo 3000 mg.kg⁻¹. Hodnoty jsou zde podobné jako u BPS Velké Albrechtice.

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} ve fugátu a separátu



Hodnoty jsou velmi podobné jako u BPS Velké Albrechtice. A to proto, že mají podobné vstupní materiály.

Graf č. 4 - Obsah BSK₅ ve fugátu a separátu



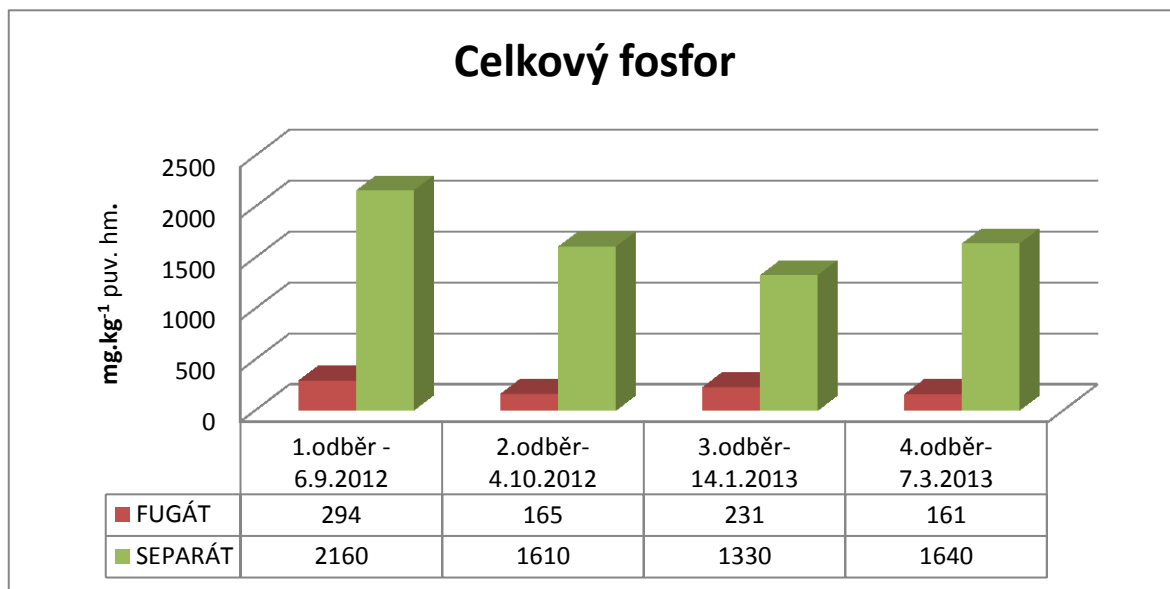
Jak už bylo řečeno u grafu výše, tak hodnoty BSK₅ velice úzce souvisí s hodnotami CHSK_{Cr}. Jde pouze o násobky.

Z tohoto grafu se dá vyčíst, že hodnoty BSK₅ jsou zhruba desetkrát menší než hodnoty CHSK_{Cr}.

BPS Pustějov

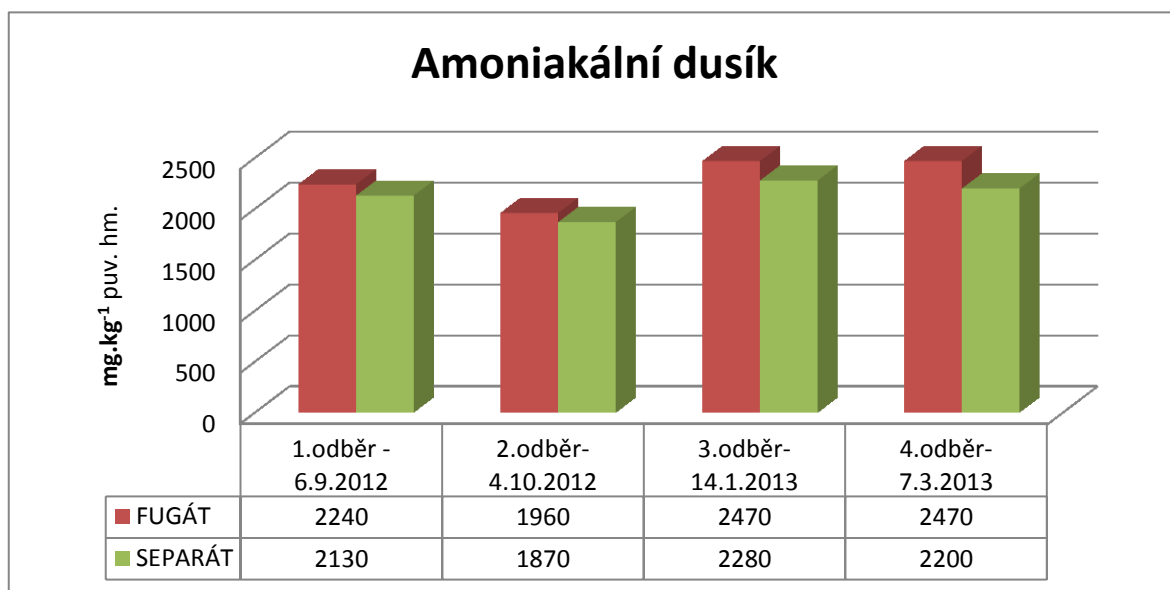
Odstředěním 50ml vzorku digestátu bylo získáno cca. 18 ml separátu (v rýpatelném stavu) a cca. 32 ml tekutého fugátu.

Graf č. 1 - Obsah celkového fosforu ve fugátu a separátu



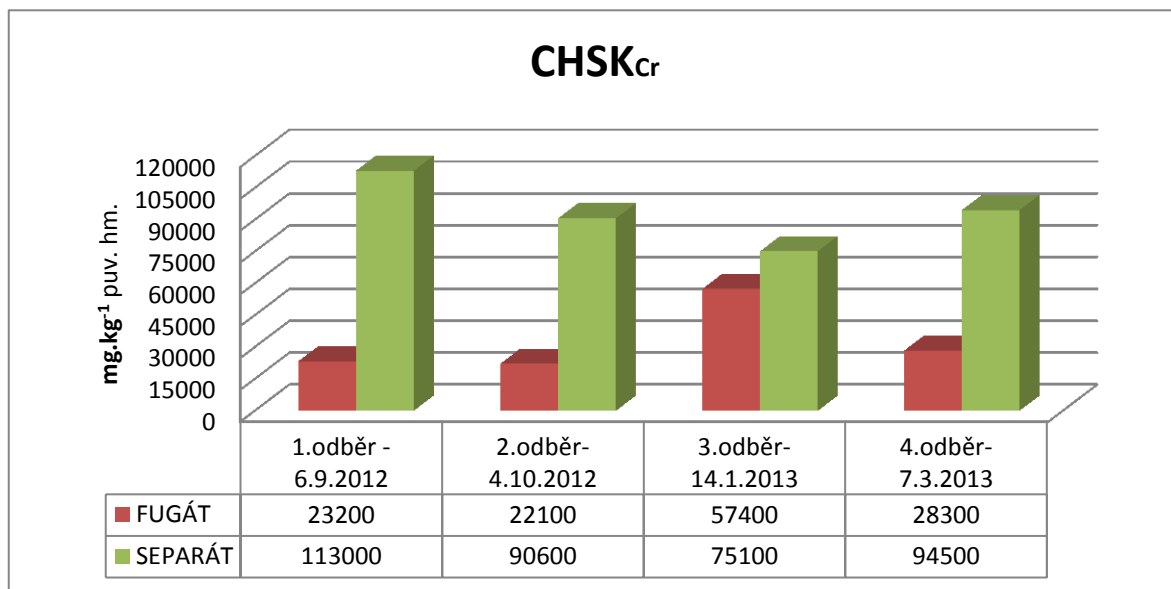
Zde je další grafické vyjádření celkového fosforu, na kterém je opět vidět, že se fosfor nejvíce vyskytuje v separátu. Hodnoty fosforu ve fugátu jsou v porovnání se koncentrací v separátu nízké, nicméně pokud budeme na fugát nahlížet jako na odpadní vodu, je tako koncentrace stále extrémně vysoká.

Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku ve fugátu a separátu



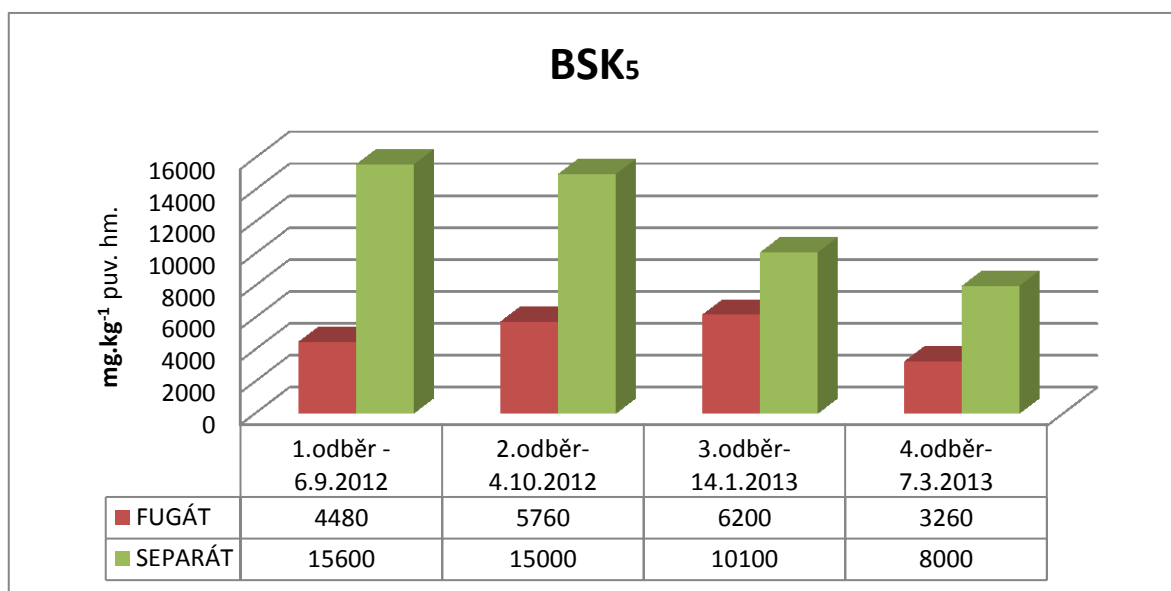
Z grafu je na první pohled patrné, že amoniakální dusík je velmi dobře rozpustný a jeho obsah ve fugátu i v separátu je srovnatelný. Hodnoty se pohybují kolem 2000 mg.kg⁻¹.

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} ve fugátu a separátu



Hodny CHSK_{Cr} jsou podobné jako u čistě zemědělské BPS Stonava s tím rozdílem, že hodnoty jsou menší.

Graf č. 4 - Obsah BSK₅ ve fugátu a separátu



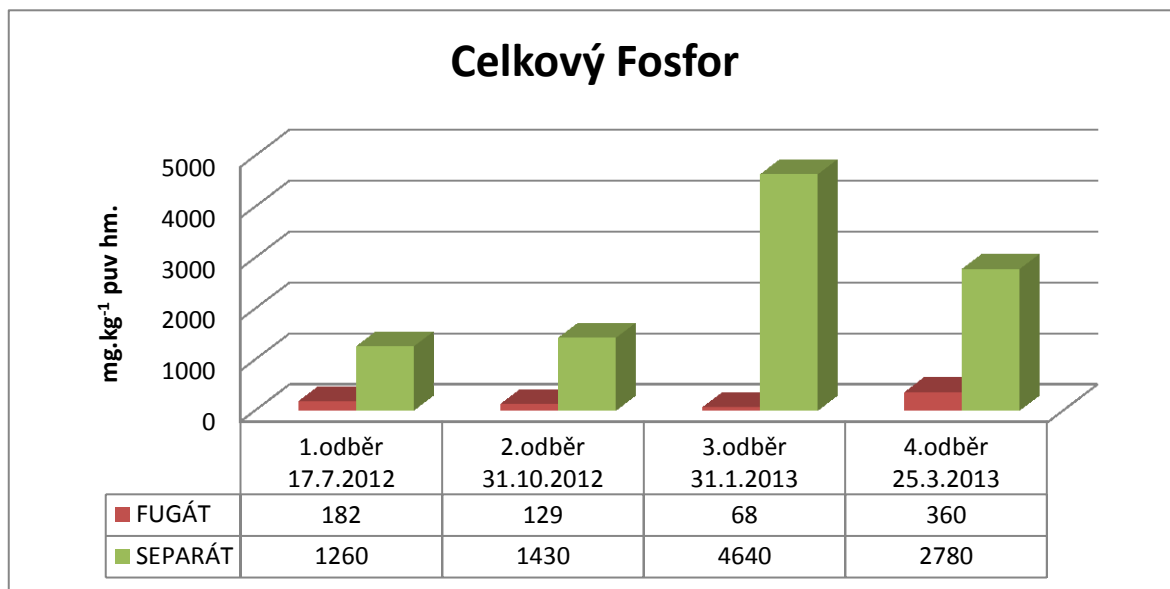
BSK je množství kyslíku spotřebované mikroorganismy při biochemické oxidaci za aerobních podmínek. Postihuje tedy pouze znečištění biologicky rozložitelnými látkami.

Látky vůči biochemickému rozkladu rezistentní oxidaci nepodlehnou, a tedy se na ně žádný kyslík nespotřebuje. Pro orientační stanovení biologické rozložitelnosti znečišťujících organických látek ve vodě je vhodné hodnotu BSK_5 srovnat s $CHSK_{Cr}$

BPS Třeština

Odstředěním 50ml vzorku digestátu bylo získáno cca. 15 ml separátu (v rýpatelném stavu) a cca. 35ml tekutého fugátu.

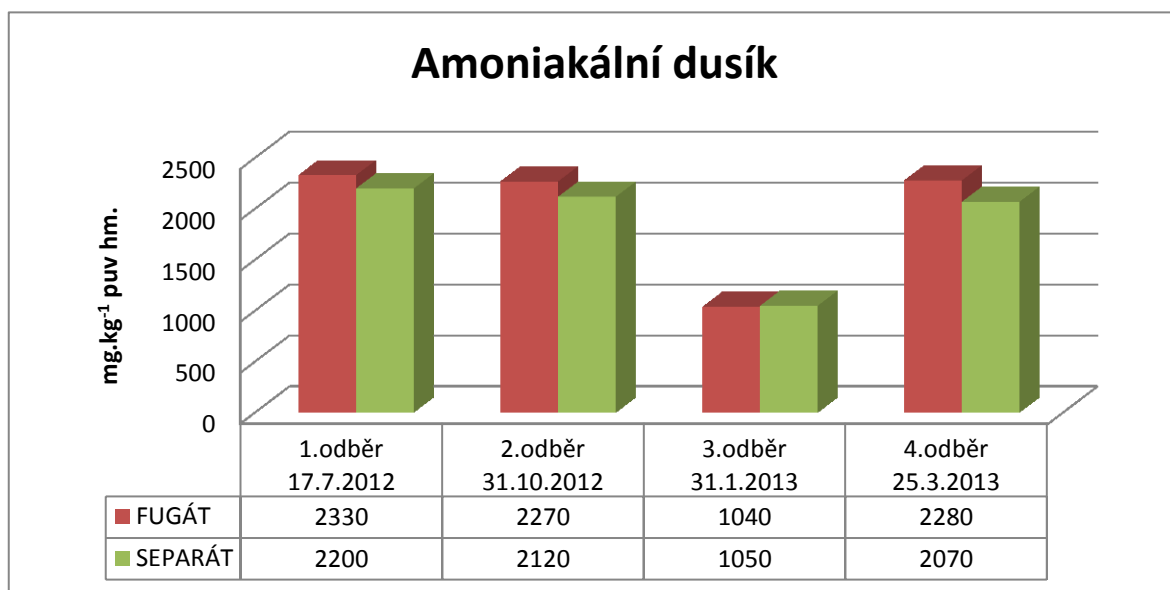
Graf č. 1 - Obsah celkového fosforu v fugátu a separátu



Z tohoto grafu lze vyčíst, že obsah fosforu je opět nejvyšší v separátu, ale značně kolísá.

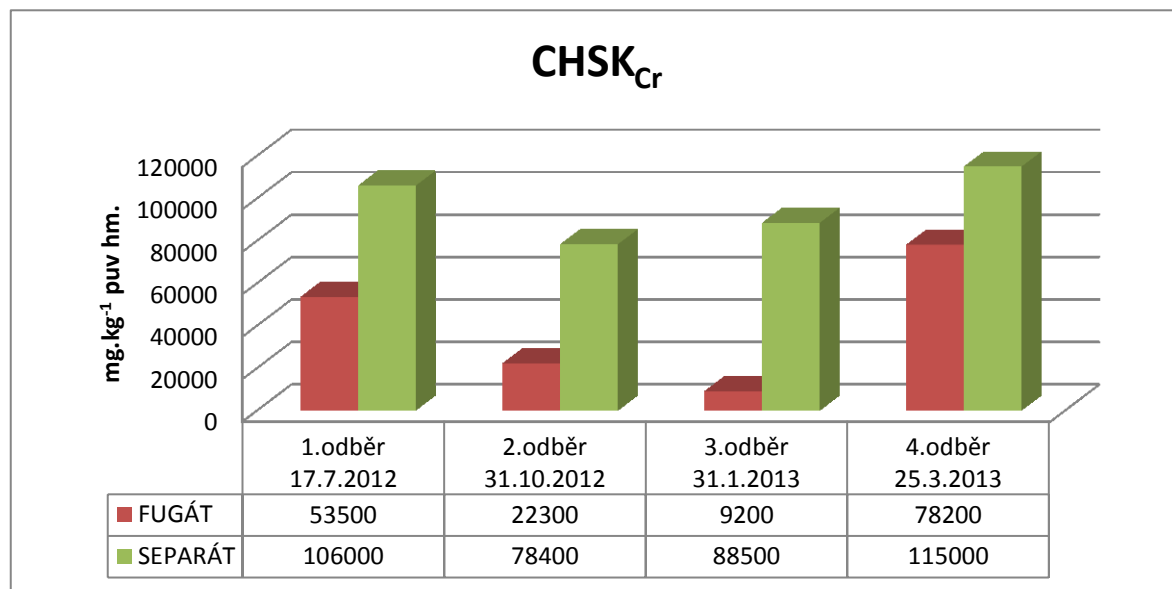
Při prvním a druhém odběru je obsah stejný, při třetím a čtvrtém odběru zřejmě došlo k nějaké chybě při odběru vzorku nebo při rozdělení na jednotlivé fáze.

Graf č. 2 - Obsah amoniakálního dusíku ve fugátu a separátu



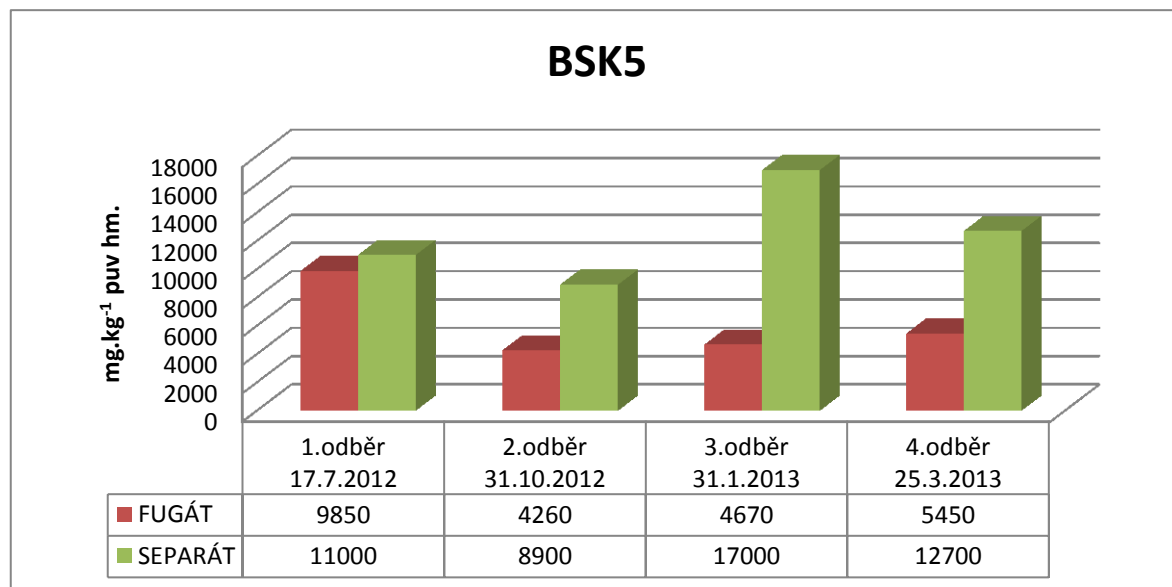
Z grafu je na první pohled patrné, že hodnoty amoniakálního dusíku jsou opět srovnatelné, jen při třetím odběru jsou hodnoty poloviční. Zřejmě došlo k chybě při odběru.

Graf č. 3 - Obsah CHSK_{Cr} ve fugátu a separátu



CHSK_{Cr} je měřítkem množství kyslíku z dichromanu draselného o známé koncentraci, které reaguje s oxidovatelnými látkami obsaženými v 1 litru zkoušeného vzorku. Hodnoty CHSK_{Cr} opět nejvyšší v separátu a pohybují se okolo 100 000 mg.kg⁻¹.

Graf č. 4 - Obsah BSK₅ ve fugátu a separátu



Biochemická spotřeba kyslíku (BSK) je definována jako hmotnostní koncentrace rozpuštěného kyslíku v roztoku, která byla spotřebována během biochemické oxidace organických látek za stanovených podmínek. Slouží tedy jako nepřímý ukazatel množství biologicky rozložitelných organických látek ve vodě. Hodnoty BSK₅ jsou opět 9 krát nižší než hodnoty CHSKCr. Velká chyba je způsobena i mnohonásobným ředěním.

5 ZÁVĚREČNÁ ČÁST

Má diplomová práce spočívala ve sledování vlastností digestátu z vybraných bioplynových stanic. Cílem práce bylo zjistit, zda vlastnosti digestátu jsou srovnatelné a lze tedy v návazné laboratorní práci hledat technologii, která by byla aplikovatelná pro digestát obecně. Bioplynové stanice, kde byly odebírány vzorky digestátu ve dvouměsíčních intervalech v období od července 2012 do března 2013, byly BPS Stonava,

Po odběru vzorků digestátu, byl tento převezen do laboratoře IEI a zde byl pomocí odstředivky rozdělen na tuhou část, tzv. separát a na část tekutou, tzv. fugát. Poté byly všechny vzorky převezeny do akreditované Laboratoře Morava, s.r.o., která se mimo jiné zaměřuje právě na rozborů digestátů. Sledovanými ukazateli byly CHSK_{Cr} , BSK_5 , amoniakální dusík a celkový fosfor.

V současné době se digestát především vyváží na pole a je na něj pohlíženo jako na organické hnojivo.

V části diplomové práce, kde jsem na základě vlastních měření a výsledků z Laboratoře Morava, s.r.o. srovnával digestát, fugát a separát jsem dospěl k závěru, že velká část živin, které jsou potřebné pro dobrý růst rostlin, se vyskytuje v separátu, který obsahuje zbytky rostlinných zbytků a organických látek. Zde se v největší míře vyskytuje právě fosfor. Následně jsem z grafů vyčetl, že amoniakální dusík se vyskytuje ve všech třech složkách ve stejné míře. Pokud bych mohl navrhnout vlastníkům BPS jak dále nakládat s digestátem, tak bych za fermentory umístil průmyslové odstředivky, které by digestát rozdělily na fugát a separát. Jelikož digestát obsahuje ještě velký obsah vody (fugát), není vhodné ho vyvážet na zemědělskou půdu a tím ji zbytečně zamokřovat. Lepší by bylo pracovat se separátem, který má větší sušinu. Dal by se rovnou vyvážet na pole a ihned orbou zapravovat do půdy, aby nedošlo k úniku volného dusíku do ovzduší. Separát je mineralizovaná hmota, která ve velké míře vyplňuje rozrušený pudní podklad. Další možnost by byla separát vysušit, zpracovat jako brikety a poté opět využít jako hnojivo pro zemědělce. Ušetřily by se náklady na výstavbu skladovacích nádrží pro separát, který se zde nechává po nějakou dobu ještě vyhnívát, než je vyvezen na pole. Vysušený separát by se dal zpracovat i do malých peletek, a prodávat jako hnojivo pro maloodběratele.

Fugát je silně znečištěná kapalná fáze získaná odstředěním digestátu. Z mého pohledu je nutné fugát čistit. Vlastnosti jsou, při posouzení použitých vzorků z jednotlivých období a bioplynových stanic, srovnatelné. Proto lze hledat technologii, která bude obecně aplikovatelná.

Závěrem lze tedy konstatovat, že vlastnosti digestátů jsou srovnatelné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERÁTURY

- [1] *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. Praha: CZ-Biom - České sdružení pro biomasu, 2009. 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2.
- [2] DOHÁNYOS, M., ZÁBRANSKÁ, J., JENÍČEK, P.: *Anaerobní technologie v ochraně životního prostředí*. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR. Praha 1996. - 172 s.: il. ISBN 80-85368-90-0 (brož.).
- [3] SCHULZ, Heinz, EDER, Barbara, *Bioplyn v praxi*, přel. ŠEDIVÁ, Marie, 1. české vydání, nakladatelství HEL, Ostrava 2004 str. 186, ISBN 80-86167-21-6
- [4] GIJZEN, H. J; ZWART, K. B; TEUNISSEN, M. J. Anaerobic digestion of cellulose fraction of domestic refuse by means of rumen microorganisms. *Biotechnology and bioengineering*. 1988, vol. 32, no. 1, s. 749-755.
- [5] PRICE, E. C; CHEREMISINOFF, P. N. Biomass production and utilization. Ann Arbor, MI, Ann Arbor Science Publishers, Inc., 1981. 152 p.
- [6] KASALI, G. B.; SENIOR, E. Effects of temperature and moisture on the anaerobic digestion of refuse. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. 2007, vol. 44, no. 1, s. 31-41.
- [7] DOHÁNYOS, Michal: Anaerobní reaktor není černou skříňkou - teoretické základy anaerobní fermentace. Biom.cz [online]. 2008-11-17 [cit. 2013-03-26]. Dostupné z WWW: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/anaerobni-reaktor-neni-cernou-skrinkou-teoreticke-zaklady-anaerobni-fermentace> . ISSN: 1801-2655.
- [8] STRAKA, František. *Bioplyn: Příručka pro výuku, projekci a provoz bioplynových systémů*. GAS: Praha, 2006, s. 706, ISBN 80-7328-090-0.
- [9] BERNARD Olivier; et. al. Modelling, monitoring and control of anaerobic digestion processes. *Journal A*. 2000. vol.41, no.3, s. 82-86.
- [10] STRAKA, F. et al. *Bioplyn*. 1. vyd. Říčany: GAS s.r.o.. 2003. 517 s. ISBN 80-7328-029-9.

- [11] KOUŘA, J. a kolektiv.: *Bioplynové stanice s mokřým procesem*. Praha 2008. vydalo Informační centrum ČKAIT s.r.o.. 1. vydání. 120 s. ISBN 978-80-87093-33-7.
- [12] *Anaerobní technologie* [online]. BIOPROFIT s.r.o. [cit. 2013-03-21]. Dostupné na WWW: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
- [13] POSPÍŠIL, Lukáš a Břetislav KRŇÁVEK. *Suchá fermentace – alternativní výroba bioplynu* [online]. FORTEX-AGS, a.s. [cit. 2013-03-28]. Dostupné z: http://www.fortexbioplyn.cz/uploaded/trebon_1_2010.pdf
- [14] Efektivní bioplynové stanice [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.agrikomp.de/cz/ke-stazeni.html>
- [15] Using Digestate. [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z WWW: <http://www.biogas-info.co.uk/index.php/using-digestate.html>
- [16] EnvironmentAgency. *Anaerobicdigestate : A technical report for the production and use of qualityoutputs from anaerobicdigestion of source-segregatedbiodegradablewaste*[online].[cit. 2013-03-28]. Dostupné z WWW: http://www.environment-agency.gov.uk/static/documents/Business/Technical_report_for_anaerobic_digestate.pdf
- [17] MARADA, Petr a kolektiv. *Příručka pro nakládání s digestátem a fugátem* [online]. Brno, 2008 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: http://eagri.cz/public/web/file/32326/ETAPA_IV_Metodika_digestt_FV.pdf
- [18] *Odpady: Odborný časopis pro nakládání s odpady a životní prostředí*. Jak naložit s produkty anaerobní digesce v souladu se zákonem. Str. 24 – 25. Praha: ECONOMIA, 2012, č. 4. ISSN 1210-4922.
- [19] KÁRA, Jaroslav et al. *Výroba a využití bioplynu v zemědělství*. Vyd. 1. Praha: VÚZT, 2007. 120 s. ISBN 978-80-86884-28-8.

- [20] VEČEŘOVÁ, Veronika. *Digestát jako hnojivo*. [online]. říjen 2008. [cit. 2013-04-03].
Dostupné z WWW: <www.calla.cz/data/energetika/seminare/bioplyn/VecerovaBPS.pdf>
- [21] *Digestates: Realising the fertiliser benefits for crops and grassland*. [online]. September 2001. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z WWW: <www2.wrap.org.uk/document.rm?id=11226>.
- [22] FLIEGL AGRARTECHNIK S.R.O. Botkový zapravovač "Universal" [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.fliegl-agrartechnik.cz/zemedelska-technika/aplikatory>
- [23] Vyhláška č. 341/2008 Sb., o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady a o změně vyhlášky č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5D5BC2D98306D4FEC125770600325B84/\\$file/341-08%20odpady.doc](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5D5BC2D98306D4FEC125770600325B84/$file/341-08%20odpady.doc)
- [24] DROBNÝ, Kamil: VÍTKOVICE – dodávka bioplynových stanic. Biom.cz [online]. 2010-03-31 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vitkovice-dodavka-bioplynovych-stanic>>. ISSN: 1801-2655.
- [25] TZBINFO. Kogenerační jednotka typu JENBACHER [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/102391-firma-ekologie-s-r-o-uvelda-do-provozu-novou-kogeneracni-jednotku-na-skladkovy-plyn>
- [26] ENVIWEB. *Fugát* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: http://www.enviweb.cz/page/co_je_to_bioplynka
- [27] CALLA. *Atlas* [online]. 2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://calla.ecn.cz/atlas/detail.php?id=1737>

- [28] KOCH, Radek. *Popis bioplynové stanice ve Stonavě* [online]. [cit. 2013-03-05]. Dostupné z: <http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/cs/popis-technologie.html>
- [29] *Bioplynová stanice Velké Albrechtice* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: https://www.google.cz/search?q=Bioplynov%C3%A1+stanice+Velk%C3%A9+albrechtice&hl=cs&source=lnms&tbn=isch&sa=X&ei=_2ZfUZT1C8iC4gS5v4HwBQ&ved=0CAoQ_AUoAQ&biw=1366&bih=667#imgre=
- [30] BIOPROJECT. *Pustějov* [online]. 2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://www.bioproject.cz/bioplynova-stanice.php?ID=19>
- [31] FARMA STONAVA. *BPS stonava* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: http://www.farmastonava.cz/bioplynova-stanice/detail-fotografie/2011-nove-fotografie-celeho-arealu-bioplynovy-stanice/foto_827.html
- [32] Provozní řády BIOPLYNOVÉ STANICE Č. 306
- [33] Provozní řády BIOPLYNOVÉ STANICE Č. 305
- [34] CALLA. *Atlas* [online]. 2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://calla.ecn.cz/atlas/detail.php?id=2126>
- [35] *EnviTec Biogas CentralEurope* [online]. [cit. 2013-03-07]. Dostupné z: http://www.envitec-biogas.cz/fileadmin/References/CzechRepublic/Anlagensteckbrief%20Tre%C5%A1tina_CZ.pdf
- [36] *Šetříme za energie* [online]. Ekolist, 31.10.2008 [cit. 2013-03-06]. Dostupné z: <http://www.setrime-energie.cz/clanky/tipy-bioplyn/pivovar-radegast-usetril-na-zemnim-plynu-vyuziva-bioplyn>
- [37] NOŠOVICE. *Kvasné tanky* [online]. [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://pivni.info/foto/galerie235/morava-2-ohromne-ck-tanky-v-pivovaru-radegast.jpg>

- [38] DROBNÝ, Kamil: VÍTKOVICE – dodávka bioplynových stanic. Biom.cz [online]. 2010-03-31 [cit. 2013-03-08]. Dostupné z WWW: http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vitkovice-dodavka-bioplynovych-panic?all_ids=1 .ISSN: 1801-2655.
- [39] FORTEX – AGS. Bioplynové stanice „suchá“ anaerobní fermentace [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.fortexbioplyn.cz/cz/sucha-fermentace/>
- [40] BIOCONSTRUCT. 3-D-Animation of a biogas plant [online]. [cit. 2013-04-11]. Dostupné z: <http://www.bioconstruct.com/technology/video-animation.html>
- [41] ČSN EN 12879. Charakterizace kalů - Stanovení ztráty žháním. Praha: Hydroprojekt.
- [42] JPP ÚKZÚZ. Stanovení celkového fosforu. Brno.
- [43] JPP ÚKZÚZ. Stanovení amoniakálního dusíku. Brno.
- [44] ČSN ISO 6060. Jakost vod - Stanovení chemické spotřeby kyslíku. Praha: Hydroprojekt.
- [45] ČSN EN 1899-1. Jakost vod - Stanovení biochemické spotřeby kyslíku po n dnech. Praha: Hydroprojekt.
- [46] Regulation (EC) No 1069/2009 of the European Parliament and of the Council of 21. October 2009 laying down health rules as regards animal by-products and derived products not intended for human consumption and repealing Regulation (EC) No 1774/2002 and implementing Council Directive 97/78/EC as regards certain samples and items exempt from veterinary checks at the border (Commission Regulation on animal byproducts relevance).
- [47] Nařízení Komise (EU) č. 142/2011. ze dne 25. února 2011, kterým se provádí nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č. 1069/2009 o hygienických pravidlech pro vedlejší produkty živočišného původu a získané produkty, které nejsou určeny k lidské spotřebě, a provádí směrnice Rady 97/78/ES, pokud jde o určité vzorky a předměty osvobozené od veterinárních kontrol na hranici podle uvedené směrnice.

- [48] Česko. Zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů. Dostupné též z WWW: www.ukzuz.cz/Uploads/142906-7-Zakon+c++1561998pdf.aspx
- [49] Česko. Zákon č. 9/2009 Sb., kterým se mění zákon č. 156/1998 Sb., o hnojivech, pomocných půdních látkách, pomocných rostlinných přípravcích a substrátech a o agrochemickém zkoušení zemědělských půd (zákon o hnojivech), ve znění pozdějších předpisů, a další související zákony. In *Sbírka zákonů*, Česká republika. částka 3, ročník 2009. s.100.
- [50] ČESKO. Zákon č. 288/2011 Sb., kterým se mění zákon, zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů (zákon o ochraně ovzduší), ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. Dostupní též z WWW: www.mvcr.cz/soubor/sb082-09-pdf.aspx
- [51] Česko. Vyhláška č. 271/2009 Sb., kterou se mění vyhláška, vyhláška č. 474/2000 Sb., o stanovení požadavků na hnojiva ve znění pozdějších předpisů. In *Sbírka zákonů*, Česká republika. 2009, částka 82, s. 1-32. Dostupné též z WWW: <http://www.mvcr.cz/soubor/sb082-09-pdf.aspx>
- [52] Česko. Vyhláška č. 341/2008 Sb., kterou se mění vyhláška, vyhláška č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady (vyhláška o podrobnostech nakládání s biologicky rozložitelnými odpady) ve znění pozdějších předpisů. Dostupné též z WWW: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/5d5bc2d98306d4fec125770600325b84?OpenDocument>
- [53] BROŽEK, J., 2011: *Využití reaktoru s kalovým mrakem a externím separátorem biomasy pro výrobu metanu ze substrátu pro BPS Chotýčany, zpracovaném technologií IFBB (Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass).*

- Diplomová práce, JČU, České Budějovice, 57 s. Dostupné z: www.theses.cz/id/rs3kzn/Ji_Broek_diplomov_prce.pdf
- [54] ČUMPL, R., 2011: *Žďár nad Sázavou: Oficiální stránky města památky UNESCO*. Databáze online [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: <http://www.zdarns.cz/mestsky-urad/zodboru/UAP2010/kartogramy/13.pdf>.
- [55] KRATOCHVÍLOVÁ, Z., HABART, J., SLADKÝ, V., 2009: *Průvodce výrobou a využitím bioplynu*. CZ Biom, Praha, 155 s. ISBN 978-80-903777-5-2
- [56] KUŽEL, S., 2010: *Jak efektivně využít digestát?*. Energie 21., Databáze online [cit. 2013-03-25]. Dostupné z: http://www.energie21.cz/archiv-novinek/Jak-efektivne-vyuzit-digestat__s303x46878.html
- [57] LOŠÁK, T., HLUŠEK, J., 2011: *Jak přistupovat k výživě a hnojení kukuřice při snižujících se zásobách živin v půdě?* In: *Kukuřice v praxi 2011*. MENDELU, Brno. ISBN 978-80-7375-477-8
- [58] CALLA. Atlas [online]. 2008 [cit. 2013-04-06]. Dostupné z: <http://calla.ecn.cz/atlas/detail.php?id=1923>
- [59] Definice BSK5 [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: http://www.enviwiki.cz/wiki/BSK#cite_note-Pitter-0

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1	Schéma postupu anaerobní digesce	3
Obr. č. 2	Schéma mokré digesce	7
Obr. č. 3	Schéma suché digesce	8
Obr. č. 4	Botkový zapravovač	13
Obr. č. 5	Methanové částice	17
Obr. č. 6	Vodní pára	17
Obr. č. 7	Řetězy na zachycení sirovodíku	18
Obr. č. 8	Homogenizační jednotka BPS Pustějov	19
Obr. č. 9	Fermentor BPS Pustějov	19
Obr. č. 10	Kogenerační jednotka JENBACHER	20
Obr. č. 11	Fermentory BPS Stonava	25
Obr. č. 12	Fermentory BPS 306	27
Obr. č. 13	Fermentory BPS 305	27
Obr. č. 14	Fermentory BPS Pustějov	31
Obr. č. 15	Fermentory BPS Třeština	33
Obr. č. 16	Kvasné tanky BPS Nošovice	35
Obr. č. 17	Kyveta	37
Obr. č. 18	Odstředivka IEC CL10	38
Obr. č. 19	Fázové rozhraní fugát separát	38